

# Recherches sur la distribution des Protozoaires et des Nématodes dans le sol de la réserve d'Aletsch

par Alban BERZ

---

## Introduction

Par le contrat conclu en avril 1933 entre les propriétaires de la forêt d'Aletsch et la Ligue suisse pour la protection de la nature, les bases de la création d'un parc national en Suisse occidentale étaient posées.

Il est certain que la Ligue s'est proposée en première ligne de sauver de la déchéance cette région alpine si caractéristique. On comprend aisément ce désir, quand on parcourt ce domaine morainique qui fût jadis aride et qui est aujourd'hui recouvert d'un tapis touffu de Rhododendrons coupé par ci par là par de nombreux petits lacs paisibles. Le visiteur est saisi surtout d'admiration à la vue des vieux aroles et mélèzes qui ont victorieusement résisté à plus d'une tempête.

Mais on s'est proposé aussi d'éviter la disparition totale des rares spécimens d'un monde animal très appauvri. Ce but se trouve en grande partie atteint par le fait que désormais toute action humaine, qui pourrait, de quelque façon que ce soit, nuire à la vie des plantes et des animaux, sera interdite.

Ce travail positif de reconstruction doit être absolument accompagné aussi de l'exploration scientifique. En effet, les résultats des investigations scientifiques peuvent donner plus d'une indication utile concernant le reboisement et le repeuplement. D'autre part, le côté purement scientifique de l'exploration présente un intérêt particulier puisqu'il s'agit d'un domaine qui plus qu'aucun autre se trouve soustrait à toute influence humaine et artificielle.

C'est pénétrée de cette conviction que la Ligue a institué une commission pour l'exploration de la forêt d'Aletsch.

Donnant suite à un appel de cette commission, mon vénéré maître, M. le Professeur Galli-Valerio, m'a fait au printemps 1935 la proposition de fournir une contribution aux études de la réserve de la forêt d'Aletsch, en me livrant dans cette réserve et dans ses environs à des investigations concernant les protozoaires et les nématodes terricoles. Le présent travail constitue en même temps une continuation des travaux faits par Nicole dans les années 1925 et 1926 sur les Rochers de Naye. Si Nicole a atteint l'altitude la plus élevée à 2040 m. mon domaine d'investigations se trouve dans sa plus grande partie au-dessus de cette altitude pour atteindre sur l'Eggishorn avec 2934 m. son point culminant. De plus, l'appendice de ce travail doit constituer un complément ultérieur à la dissertation de Burkhalter qui fit également sur les Rochers de Naye, dans les années 1927 et 1928, des investigations concernant la répartition de la faune des nématodes.

Il s'en suit logiquement l'utilité de soumettre la faune des nématodes et des protozoaires à une comparaison pour établir les similitudes et les dissemblances existant entre ces deux faunes. Le véritable but de ce travail consiste à donner un aperçu de la répartition des protozoaires et des nématodes dans le domaine de la forêt d'Aletsch en tenant compte dans la plus large mesure possible, de tous les facteurs œcologiques déterminants, tels que l'altitude, la nature du sol et les climats.

Je ne voudrais pas manquer d'exprimer ici à mon vénéré maître, M. le professeur Galli-Valerio, mes remerciements les plus chaleureux pour les excellents conseils que, fondés sur sa riche expérience, il a bien voulu me donner, tant pour mes excursions en Valais que pour mes travaux de laboratoire. En outre, je tiens à exprimer ma reconnaissance au Président de la Commission pour l'exploration de la réserve d'Aletsch, M. le professeur Mariétan, pour l'intérêt qu'il m'a témoigné et pour sa grande complaisance. Le subside qu'il a bien voulu me faire parvenir au nom de la Commission a été pour moi un précieux encouragement. J'exprime aussi mes meilleurs remerciements à M. le professeur Fleisch, qui a bien voulu mettre à ma disposition le potentiomètre qui m'a servi pour la détermination du pH. Et je tiens à dire ma gratitude à mon collègue, M. Burlet, de Viège, qui a eu l'obligeance de m'aider à recueillir certains échantillons.

Mes recherches auraient sans doute pu être plus fécondes s'il m'avait été possible de recueillir des échantillons pendant l'année toute entière, ce qui m'aurait permis d'embrasser le cycle entier de ces terricoles. Par suite de l'éloignement et des conditions climatiques, je n'ai malheureusement pas pu réaliser ce désir. J'ai cherché à remédier partiellement à cette lacune en cherchant à me procurer mon matériel à des époques aussi éloignées que possible. Je le fis pour la première fois, entre le 28 juin et le 7 juillet 1935 et la seconde fois du 15 au 21 septembre 1935.

Pour me rendre compte de la répartition des protozoaires et des nématodes dans les zones différentes quant à la nature du sol et au climat, j'ai prélevé des échantillons de terre de la région toute entière de la forêt d'Aletsch et j'ai eu soin de les recueillir dans des sols aussi différents que possible. Pour établir ensuite la comparaison entre la faune des protozoaires et celle des nématodes, je prélevais pour chacune de ces faunes un échantillon au même endroit. Pour me faire une image exacte des influences qu'exercent sur cette faune les conditions du terrain, l'altitude, etc., je n'ai pas hésité à faire aux fins de comparaisons des prélèvements aussi dans les environs de la réserve. Lors de mon second séjour à la Riederalp, j'ai pris, sur le conseil du professeur Galli-Valerio, des mesures pour déterminer la dissémination des protozoaires par le vent, dissémination sur laquelle je me propose de revenir. Je fis aussi l'analyse de quelques échantillons prélevés dans les eaux de surface.

## Historique

Les premières études après la découverte des protozoaires au 17ème siècle sont de nature presque exclusivement morphologique. Peu à peu on pénètre dans les phénomènes biologiques de ces organismes. Au milieu du siècle passé paraissaient les ouvrages d'Ehrenberg et d'autres qui traitaient de la dissémination géographique des protozoaires, en particulier dans les Alpes. Depuis ce moment les recherches sont poursuivies et tous les milieux d'habitation explorés avec la tendance de plus en plus marquée pour l'étude des parasites. Au siècle présent les conditions synœcologiques des bactéries du sol d'abord sont soumises à un

examen plus précis, où les particularités apparaissent toujours d'avantage. En Suisse c'est de Bruyn qui en 1921 a repris, sur la proposition du professeur Galli-Valerio, l'étude des protozoaires dans les Alpes.

La nouvelle orientation concernant les protozoaires, est due aux savants américains Russel et Hutchinson. Ces auteurs ont cherché à élucider la position qui revient aux protozoaires dans la microflore du sol. La constatation d'un rapport étroit existant entre la présence des protozoaires et celle des bactéries qui leur servent de nourriture devait nécessairement conduire à la question de l'importance des protozoaires pour l'agriculture. Ceci parce que les bactéries fixant l'azote ont une importance déterminante. Cette question a eu pour effet de donner à toutes les investigations ultérieures dans ce domaine un caractère très fécond. Les travaux des auteurs que je viens de citer conduisirent à la conclusion que les protozoaires sont un facteur limitant de l'activité bactérienne et qu'en cette qualité ils constituent de véritables parasites du sol, nuisibles à l'agriculture. Cette théorie est à tout le moins fortement exagérée, ainsi que l'ont démontré les travaux de date plus récente, des auteurs Novikoff, Sherman, Killer et d'autres. Nicole a voué une attention particulière à cette théorie et a fini par se prononcer contre elle après des travaux approfondis à l'Institut d'Hygiène expérimentale et de Parasitologie de l'Université de Lausanne. Il a écrit à ce sujet : « Leur rôle ne doit pas être élevé à celui d'un facteur limitant l'activité bactérienne dans le sol ». Je partage cet avis aussi pour la raison que les protozoaires se trouvent généralement dans le sol à l'état de kystes.

Toutefois ces questions ne peuvent pas encore être considérées comme entièrement élucidées et, vu leur importance, il y a lieu de les continuer. Ce travail est précisément destiné à fournir une contribution aux recherches préparatoires appelées à nous donner la solution de cette énigme.

Si les études morphologiques et physiologiques ont permis d'aboutir à une certaine conclusion concernant l'origine et le développement des protozoaires, dans ce sens que nous pouvons considérer les flagellés comme leur classe inférieure, nous pouvons d'autre part raisonnablement espérer que grâce aux moyens les plus modernes, nous arriverons aussi à trouver l'explication



des rapports synœcologiques des protozoaires et de leur importance pour les autres organismes.

Nous trouvons un résumé des connaissances acquises à ce jour dans l'ouvrage publié en partie de Kahl et dans les manuels de Doflein (Nouvelle édition de Reichenow) et Wenyon dont le dernier s'occupe surtout des formes parasitaires des protozoaires.

Pour ce qui est des nématodes libres du sol, Ehrenberg s'est aussi acquis de grands mérites par une investigation approfondie, surtout dans les régions alpines. Ce ne fut qu'après une interruption assez prolongée que Menzel reprit ces études en 1914 à Bâle et les étendit surtout aux Alpes rhétiques. Presqu'en même temps Steiner explora les plaines environnant Zurich et Hoffmann le lac Léman quant à leur faune de nématodes. Plus récemment a paru un ouvrage de Micoletzky, fruit du travail de toute une vie, ouvrage aussi complet qu'on peut le désirer. Comme Nicole l'a fait pour ses travaux, Burkhalter en 1927 a aussi recueilli du matériel aux Rochers de Naye et consacré des études approfondies au cycle annuel de la communauté des nématodes.

S'il est vrai que les résultats des différents auteurs montrent des divergences, celles-ci doivent être attribuées en grande partie à des facteurs extérieurs, dans lesquels on peut trouver en même temps des indications intéressantes concernant l'importance revenant aux nématodes dans les différents genres de sol.

Comme pour les protozoaires la question de l'influence des nématodes sur la faune et la flore dans le sol et sur le sol est d'une grande importance. Il est en effet connu que ces organismes contribuent à la formation et à l'aération du sol. Si certaines formes sont nuisibles aux plantes, d'autres par contre leur sont favorables car elles se nourrissent précisément d'organismes nuisibles aux plantes et en débarrassent par conséquent ces dernières.

Dans ce domaine aussi plus d'une question reste ouverte, dont la solution donnerait certainement des résultats pratiques, précieux par les indications utiles qu'elle fournirait à l'agriculture et dans mon terrain d'investigation, pour la reconstitution de la forêt d'Aletsch.

## Technique générale

On ne trouve dans la littérature que peu d'indications concernant la technique employée pour l'obtention du matériel et sa conservation jusqu'au moment de l'analyse, cela du moins, pour ce qui est des protozoaires. Il y a sans doute plusieurs méthodes susceptibles d'être utilisées pourvu que le matériel soit protégé contre l'infection et conservé autant que possible dans ses conditions naturelles. Généralement on prend les échantillons à la superficie du sol, cependant certains auteurs les ont pris dans des couches plus basses de terrain. De façon presque générale, on considère toutefois que la faune est d'autant plus riche qu'elle est plus proche de la superficie, conception que je puis confirmer par suite de mon expérience personnelle, du moins pour les nématodes. Pour ce qui est des méthodes d'analyse directe d'échantillons de terrain, et les méthodes indirectes ayant recours aux cultures, je renvoie aux indications de Nicole. On trouvera de même dans ces travaux l'indication de toute une série de milieux qui sont encore de nos jours des plus fréquemment utilisés. Je tiens à citer ici encore une méthode d'analyse de Koffmann (283) permettant de distinguer les formes de protozoaires qui mènent une vie active dans le terrain, des formes enkystées. Le procédé de Koffmann consiste à mettre sur un porte-objet une lamelle au bord de laquelle se trouve un peu de terre et d'y ajouter le liquide au moyen d'une pipette. Grâce à la capillarité le liquide sera attiré sous la lamelle et entraînera alors les composants les plus fins de l'échantillon et avec eux les micro-organismes contenus dans la terre. Cette méthode présente sur d'autres, qui se servent d'une suspension préparée, l'avantage de ne laisser aux kystes que peu de temps entre le contact avec le liquide et le moment de l'examen, ce qui permet de supposer, en cas d'observation immédiate, que les formes dans la préparation se trouvent dans le même état d'activité que dans le terrain naturel.

Ce procédé présente toutefois un inconvénient : par suite de la quantité trop petite de terre qu'on peut réellement observer, on ne peut pas se faire une idée exacte du nombre contenu dans une quantité de terre déterminée.

Nicole a aussi traité la question des récipients à utiliser pour les cultures. Cette question semble cependant être d'une telle

importance pour les résultats pratiques que je désire faire quelques remarques.

De Bruyn utilisa au début de son travail des éprouvettes comme récipients du milieu de culture. Galli-Valerio cependant s'aperçut bientôt que le développement des protozoaires était entravé par la pellicule bactérienne et le mycélium d'hyphomycètes qui se forment et qui retranchent le milieu de culture de l'air extérieur à la manière d'un bouchon. C'est pourquoi ils eurent recours aux cultures dans des plaques de Pétri et Nicole adopta lui aussi la même technique. Si la culture dans les éprouvettes n'est pas recommandable, la culture dans les plaques de Pétri présente l'inconvénient de sécher rapidement lorsqu'on utilise un milieu liquide. La culture dans les plaques présente l'avantage d'être favorable précisément pour les Oxytriches, lesquels n'exigent que peu de liquide.

D'autre part, il y a une grande perte de temps à devoir utiliser les deux genres de culture.

Instruit par ces expériences Galli-Valerio a imaginé une nouvelle méthode qui a donné d'excellents résultats, et dont je parlerai dans mon prochain chapitre.

La meilleure méthode d'observation microscopique est sans doute celle de la goutte pendante. Cette méthode est indiquée pour des études morphologiques et biologiques, car on a constaté que dans leur séjour sous la lamelle, les protozoaires peuvent subir de multiples déformations. Comme, cependant, je n'ai pas choisi ce sujet pour mes travaux, j'ai utilisé la méthode de la lamelle qui est la plus indiquée pour le but que je me propose.

Pour éviter des redites, je m'abstiendrai de parler ici de différentes méthodes pour le dénombrement des protozoaires se trouvant dans une quantité déterminée de terre, et je renverrai simplement aux travaux de Nicole. Je suis du reste sceptique quant à l'intérêt d'un pareil dénombrement, parce que les protozoaires sont répartis très inégalement dans le sol, celui-ci étant un conglomerat mal mélangé de particules favorables et défavorables. Ceci s'applique aussi bien à un seul gramme de terre qu'à un grand morceau. On ne pourra jamais attribuer à un pareil dénombrement une exactitude semblable, par exemple, à celle que donne le dénombrement des bactéries dans l'eau potable, milieu homogène.

On peut consulter dans le travail de Burkhalter un exposé de la technique employée pour l'examen des nématodes du sol, technique qui n'est pas aussi variée que celle utilisée pour les protozoaires.

## Technique particulière

Instruit par les expériences faites dans l'Institut d'hygiène expérimentale et de parasitologie, j'ai suivi quant à la technique pour les protozoaires la méthode de Nicole, et pour les nématodes, en partie celle de Burkhalter.

Sur le conseil du Professeur Galli-Valerio, je me suis servi pour recueillir les échantillons de terre destinés à l'examen des protozoaires, de tubes de verre plutôt grands dont je fis munir les bouchons de liège d'une petite cuillère de métal solide et thermostable. Dans l'Institut ces tubes furent stérilisés par l'air chaud et emballés dans des petites caissettes de bois ad hoc.

Ces tubes de verre montés présentent l'avantage d'être plus simples à manier aussi bien au moment de recueillir que d'ensemencer la culture, étant donné que les cuillères évitent la stérilisation à la flamme d'une spatule, avant chaque opération. On gagne ainsi du temps, avantage appréciable surtout à la montagne lorsque le travail est rendu difficile par la pluie et le vent.

Sur du terrain sablonneux, léger, dépourvu de végétation et sur de la boue, je remplissais le tube directement en l'enfonçant tout simplement dans le milieu.

Les conditions du sol dont venaient les différents échantillons ont été décrites aussi bien que possible, de même que le lieu de provenance exacte, de sorte que j'étais en mesure de retrouver le même endroit lors de ma seconde tournée. Ce que j'ai en effet réussi à faire dans presque tous les cas. Les échantillons ont été conservés, renfermés dans les tubes, jusqu'à l'ensemencement dans une armoire métallique que des tuyaux d'eau potable maintenaient fraîche, ceci afin d'éviter que les échantillons ne se dessèchent.

En raison d'expériences faites précédemment, le Professeur Galli-Valerio me recommanda de ne pas faire les cultures dans les éprouvettes, ni dans des plaques, mais bien dans des petits

Erlenmeyer de 25 cm<sup>3</sup> qui constituent un moyen terme entre les deux genres précités de récipients et n'en présentent pas les inconvénients. Les Erlenmeyer ont été remplis d'infusion de foin à 10 % jusqu'à la moitié de leur contenance, infusion à laquelle on ajouta 1,5 centimètre cube de terre. Il est vrai que souvent une mince pellicule bactérienne se forme à la superficie, mais cette pellicule n'entrave jamais le développement des protozoaires, ils s'y plaisent au contraire beaucoup. Aussi les hyphomycètes menacèrent parfois de se répandre sur toute la superficie, mais il suffisait de coller cette pellicule à la paroi de verre au moyen de l'aiguille pour remédier à cet inconvénient, de façon généralement définitive. Les cultures furent conservées dans l'obscurité et à la température de chambre.

Elles furent soumises à un contrôle microscopique d'abord tous les jours, et ensuite tous les trois à quatre jours. J'ai effectué ces contrôles pendant un laps de temps minimum de 10 jours. Quelques cultures isolées cependant ont été soumises à un examen encore au bout d'un mois, voire de cinquante jours.

Généralement j'examine les formes développées tout d'abord à frais et j'en fais si c'est nécessaire ou possible un dessin qui me sert ensuite pour la classification. De même, il a été fait, de presque toutes les cultures, des préparations colorées. Suivant les indications du Professeur Galli-Valerio, on fait en sorte qu'une goutte de culture soit étendue sur le porte-objet, avec une goutte de formaline à 4 % de volume et ensuite séchée à l'air. Cette méthode de fixation sert surtout à rendre visible les cils dans leur attitude naturelle, elle rend d'excellents services. Après la fixation, les préparations sont lavées et colorées au moyen d'un colorant usuel quelconque, parmi lesquelles je donne la préférence à la fuchsine, le Giemsa et la coloration de Gram répondent aussi fort bien au but. Ce procédé permet de reconnaître les cils et les flagelles, mais a l'inconvénient de colorer de façon excessive le protoplasme, ce qui empêche de reconnaître des détails à l'intérieur du corps cellulaire. J'ai pu obtenir des résultats un peu meilleurs grâce à l'emploi, pour la fixation, de formaline aussi chaude que possible, laquelle laisse aux animaux moins de temps pendant lequel ils peuvent modifier leur forme.

Cependant, ces préparations aussi laissent à désirer. Quelques essais de coloration de protozoaires vivants par le rouge

neutre et le rouge Congo accusaient un léger progrès. Vers la fin seulement de mes travaux, le préparateur de l'Institut d'Hygiène M. Peneveyre a réussi à obtenir par coloration vitale suivie de fixation par la formaline de bonnes préparations transparentes susceptibles d'être photographiées et de servir à la classification. Cette méthode consiste en ceci : prendre une goutte d'infusion (culture contenant des ciliés) la mettre sur un porte-objet, recouvrir d'une lamelle, ajouter par infiltration une goutte de solution de rouge-neutre ou de rouge-Congo à 0,5 %, laisser agir 10 minutes, puis ajouter une goutte de formaline à 1 % (toujours par infiltration).

Par ce moyen, les protozoaires sont immobilisés et l'on pourra les examiner à loisir. Si l'on veut conserver les préparations, enlever la lamelle et laisser sécher à l'air. Le protoplasme se desséchera un peu, mais les cils seront toujours très visibles. Pour la coloration des amibes j'utilise généralement le procédé de Giemsa mais avec peu de succès. En général il y a lieu de dire de tous ces procédés qu'ils sont inférieurs à l'observation à frais, parce qu'ils reproduisent tous des images plus ou moins artificielles des protozoaires. Il est vrai que l'observation à frais prend plus de temps lorsqu'on désire étudier des détails. J'ai souvent observé que les ciliés s'arrondissent sous l'influence de la formaline, même lorsqu'ils n'ont plus le temps de former des kystes. L'efficacité de cette action de la formaline varie suivant les différentes espèces, et il y a lieu de s'en tenir strictement à la concentration optimale du fixateur si on veut travailler avec succès.

Le but de cette étude étant de donner une idée de la répartition des protozoaires aux différentes altitudes et dans les différents terrains ainsi que de leur vie commune avec les nématodes je dus faire une détermination quantitative des protozoaires. Nicole déjà vouait tous ses soins aux méthodes de dénombrement et je pense, comme lui, qu'un pareil dénombrement n'a pas une valeur absolue. Ces dénombrements sont faits surtout en hommage à la théorie de Russel et Hutchinson. Pour pouvoir néanmoins faire un tableau vivant de la participation quantitative des différentes classes de protozoaires à la vie commune de ces animaux j'ai dressé un schéma qui sert de base à toutes les indications quantitatives. Comme déjà dit, il s'agit ici d'une estimation échelonnée et non pas d'un dénombrement mathématique. Comme cependant une pareille estimation peut varier d'un jour à

l'autre étant donné par exemple que le nombre d'individus d'une seule classe peut être estimé élevé, tandis que le même nombre apparaît petit à côté d'une classe dont les individus sont représentés en plus grand nombre, je juge nécessaire de déterminer néanmoins quantitativement les différents échantillons. Voici comment se présente le schéma pour une préparation provenant de prélèvement fait au moyen de l'aiguille sur l'étendue tout entière de la culture.

TABLEAU I

- 0 = Pas de formes actives
- 1 = Très peu (jusqu'à trois protozoaires)
- 2 = Peu (jusqu'à huit pr.)
- 3 = Assez nombreux (jusqu'à 20 pr.)
- 4 = Nombreux (jusqu'à 50 pr.)
- 5 = Très nombreux (plus de 50 pr.)
- 6 = Quantité excessive.

Pour chaque préparation cet échelonnement quantitatif a été fait sinon pour chaque espèce, du moins pour chaque petit groupe d'espèces.

De cette façon, j'ai obtenu pour chaque culture une série plus ou moins longue de chiffres, suivant le nombre de jours de contrôle et susceptible de me donner une idée de la proportion quantitative relative des différentes classes et espèces. Pour en donner une représentation figurée, j'aurais pu tirer les moyennes de ces séries et en dresser un tableau ; ceci ne m'a cependant pas semblé indiqué parce que ces cultures deviennent uniformes au bout d'un certain temps, soit d'un côté, soit d'un autre et ne représentent alors plus la proportion naturelle. C'est pourquoi j'ai adopté comme valeur de comparaison la valeur correspondante au deuxième jour après l'apparition des formes actives. Je suis parfaitement conscient des inconvénients d'un pareil système, et je sais qu'on pourrait objecter qu'on ne peut pas avoir de la sorte une idée de la quantité des protozoaires contenus dans le sol, puisqu'on ne sait pas combien d'entre eux sont sortis des kystes par réactivation, combien par leur division, et combien par reproduction des formes actives. Cependant cette méthode nous fournit une idée de la répartition numérique relative des différentes classes dans la communauté des protozoaires, et ceci nous suffit. On pourrait encore objecter que même ces chiffres

relatifs ne sont pas exacts parce qu'il s'agit de déterminations quantitatives des préparations de culture dans lesquelles les différentes classes et espèces ne se développent pas de façon uniforme. A cette objection, je répondrai que, indépendamment des quantités non rigoureusement égales du matériel ensemencé, les conditions existantes depuis le moment de l'immersion dans l'infusion de foin sont identiques pour toutes les classes et toutes les espèces, et que la différence du développement provient du sol ensemencé, lequel détermine en une large mesure les conditions dans lesquelles se trouve la culture en tant que mélange d'infusion de foin et de terre. Koffmann (318) rapporte que Koch put observer que lors d'ensemencements dans des infusions et des solutions le développement des protozoaires dépend de la nature du milieu de culture, du genre de terrain et de la terre ensemencée, faits que Koffmann lui-même confirme en partie. L'infusion du foin, favorable au développement de toutes les classes, subit l'influence de la terre ensemencée, de sorte que la culture présente une proportion semblable des différentes classes par rapport à la communauté, comme dans la terre examinée ; nous avons donc une idée très juste du nombre relatif des individus des différentes classes. Pour ce qui est du nombre absolu des protozoaires dans le sol, c'est-à-dire du nombre d'individus présents dans une quantité de terre on peut dire que ce nombre, quoiqu'il reste dans l'ensemble assez constant, peut cependant subir de très fortes oscillations, suivant les conditions existant au moment de la prise de l'échantillon. S'il s'agit de terre ne contenant que des kystes, la détermination de leur nombre exact ne présente pas grand intérêt, puisque ces formes sont privées de toute activité, mais s'il s'agit de formes déjà actives toutes possibilités d'en déterminer le nombre est exclue par le fait de leur reproduction incessante et rapide.

Par contre, les rapports existants entre les différents groupes de la communauté nous renseignent quant à la similitude ou à la dissemblance des différentes classes et aussi sur les conditions favorables à chacune d'elles.

### Technique particulière pour les Nématodes

Le plan primitif de ce travail prévoyait outre les observations concernant les protozoaires, également celles concernant les



nématodes faites à la même échelle. Cependant il fût évident dès le début des travaux de laboratoire que les observations simultanées de ces deux catégories nous mèneraient trop loin, et que surtout les observations sur les nématodes exigeraient de longues études spéciales. Par conséquent, j'ai dû renoncer à l'examen qualitatif approfondi des nématodes. Je ne les cite dans l'appendice de ce travail qu'à titre de comparaison.

La technique utilisée devait par conséquent consister en méthodes aussi simples que possibles.

Là où j'ai pris le matériel pour l'examen des protozoaires, j'ai prélevé de même un morceau de terre pour analyse concernant les nématodes. La plupart des échantillons étaient du fait de la nature du terrain traversés par de nombreuses racines ; mais j'ai tenu à prélever aussi d'autres échantillons pour la comparaison. Menzel et Burkhalter se servaient d'un instrument en fer blanc pour prélever des échantillons d'égale grandeur. Un instrument pareil ne me semblait pas indiqué pour le terrain où j'opérais, c'est pourquoi j'ai utilisé un couteau à démastiquer qui m'a rendu d'excellents services, même sur des terrains dans lesquels une forme rectangulaire n'aurait jamais pu pénétrer. Ce couteau, sur un côté duquel se trouvait un point de repaire, me permettait d'obtenir un morceau de terrain de grandeur déterminée.

J'effectuais le transport d'échantillons dans du papier de journal et je les conservais ensuite au laboratoire sur des assiettes découvertes où je les tenais mouillés. Menzel recommande d'examiner la terre au plus tard 3 jours après l'avoir recueillie, solution certainement idéale, mais impossible dans mon cas. Pour la préparation et le dénombrement j'ai suivi la méthode de Burkhalter sans toutefois fixer les vers à la flamme.

## Terrain des recherches

Le terrain des recherches véritables est constitué par la « Réserve de l'Aletsch ». Le glacier en forme la frontière nord-ouest tandis qu'au sud-ouest la limite est formée par la crête entre la Riederfurka et la Moosfluh. Au sud la réserve est bornée par les sentiers Riederfurka-Belalp jusqu'à la croisée de l'ancien et du

nouveau sentier d'où la limite descend en ligne droite vers le glacier. De la Moosfluh la limite nord descend directement vers le glacier <sup>1</sup>.

D'après les indications de Hess (79) la superficie de cette réserve est d'environ 300 ha. Elle se trouve à une altitude moyenne de 2000 m. La lisière inférieure de la forêt se trouve à environ 1700 m. un peu au-dessus de la surface du glacier. La lisière supérieure est à 2100 m. mais on trouve cependant encore quelques aroles isolés jusqu'à 2290 m. (D'après les indications du « Klima der Schweiz » la limite supérieure des forêts dans le Valais se trouve à 2150 m. ; dans le massif du Mont Rose à 2300 m.). Le point le plus élevé de la partie non boisée de la réserve atteint 2331 m., sur la Moosfluh. Pour me rendre compte de la faune terrestre des alentours j'ai étendu mes investigations aussi au terrain environnant. Ainsi j'ai recueilli des échantillons de sol au cours d'une excursion de la Riederalp à l'Eggishorn 2934 m., au lac Märljelen 2301 m., et retour par le glacier (2400 à 1875 m.). Quelques échantillons proviennent de la Riederalp 1925 m., de la région du Bettmersee 2008 m. En outre j'ai recueilli dans des Erlenmeyer stériles un peu d'air à Viège (660 m.), Ried-Mörel (1185 m.) et près d'Ober-Ried (1500 m.).

### Climat, Géologie et Flore

Il n'a malheureusement pas été possible d'obtenir des données concernant les conditions climatiques du domaine en question et j'en suis réduit à me servir des données concernant de semblables régions et pouvant servir de point de comparaison. Hess (80) évalue la température annuelle moyenne à 1 ou 2°, ce qui se rapproche de celle du Simplon (2000 m.) qui est de 1,2°. La température de l'air, comme on le sait, diminue si l'on s'élève, il en est de même de la température du terrain à l'ombre, tandis que certains terrains particulièrement bien exposés accusent au contraire une température plus élevée par suite d'une insolation intense et de longue durée.

Dans la zone basse, j'ai constaté une température moyenne du sol à sa superficie de 15,3° à l'ombre, dans une zone moyenne une température de 13,7° et de 10,9° sur la crête en été. Les oscillations journalières pourraient être assez grandes par suite de

<sup>1</sup> Atlas topographique de la Suisse 1: 50,000, Gadmer-Bietschhorn.

la forte perte de chaleur pendant la nuit ainsi que les variations sur de courtes distances par suite de l'alternance entre le soleil et l'ombre. La couche de neige exerce une action favorable en empêchant un trop grand refroidissement du sol en hiver.

Un facteur important pour la vie des protozoaires et des nématodes est constitué par les précipitations. D'après la carte des précipitations de la région du Finsteraarhorn et des environs ces précipitations atteignent 1000 à 1500 mm. C'est d'elles que dépend en premier lieu la possibilité d'une vie active dans le sol car toute la faune a besoin d'humidité. Ici, cependant, interviennent aussi les facteurs asséchants tels que le vent, le grain du sol, l'humidité relative de l'air, l'insolation, la végétation, et l'inclinaison du terrain. Il ressort de tous ces facteurs que les régions des sommets sont de toute façon plus sèches que les régions inférieures boisées. A la diminution des précipitations au-dessus de 2000 m. s'ajoutent aussi des vents constants et plus forts, qui favorisent l'assèchement de la couche superficielle. En dehors de ces conditions climatiques que caractérise déjà la situation du terrain à proximité d'un glacier, il y a lieu de tenir compte des facteurs climatiques locaux créés par la forêt.

Pour les indications géologiques je me base sur deux travaux parus dans le *Guide géologique de la Suisse*, par E. Hugli et H. Huttenlocher. Au point de vue géologique la région au bout du grand glacier d'Aletsch appartient au massif de l'Aar qui s'étend sous forme d'une longue ellipse depuis le Lötschental jusqu'au Tödi sur une distance de 115 km. (Hugli 130). Au sud tout le long du massif s'étend une zone schisteuse caractéristique. On l'appelle la « südliche Granit-Gneiss- und Mischzone » et elle se distingue de la zone schisteuse du massif central de l'Aar par le fait qu'ici la partie éruptive l'emporte de beaucoup sur la partie sédimentaire, accusant ainsi un caractère nettement méditerranéen. Cette couche schisteuse a vu passer sur elle à plusieurs reprises des mouvements malaxants dynamiques. Huttenlocher mentionne une forte aplittisation des gneiss méridionaux au bord du glacier comme aussi des couches étroites de porphyre de quartz mylonitisées de la forêt d'Aletsch.

Pour résumer nous pouvons qualifier notre domaine d'investigation de zones mixtes de granit-gneiss et de schiste, sur laquelle se trouve à peu près partout une couche de moraines du grand

glacier d'Aletsch, couche dont la composition varie aussi suivant la provenance. On y trouve des blocs calcaires provenant certainement de la Jungfrau.

Cette structure rocailleuse n'est pas toujours bien évidente, une couche plus ou moins épaisse d'humus la recouvre et est à son tour couverte d'une végétation souvent luxuriante. Le foyer véritable de la faune terrestre se trouve dans la couche d'humus recouvrant la pierre, couche dont la composition et la teneur en eau détermine dans la plus large mesure la vie, la composition et la densité de la faune terrestre. Seule une analyse physico-chimique peut nous renseigner sur la composition de la couche d'humus qui varie dans la forêt d'Aletsch entre quelques mm. au début, et 50 cm. ; il serait par conséquent désirable de pouvoir effectuer des recherches concernant la flore et la faune accompagnées d'un examen physico-chimique du sol. Je veux citer ici quelques indications puisées dans la brochure de Hess et concernant l'analyse du profil de la division I par Pallmann assistant à l'Institut agricole de Zurich : L'humus et la couche supérieure du sol sont débarrassés des minéraux alcalins et des sesquioxides dont il ne reste plus que la faible quantité de 0,62 %. La couche en-dessous composée de sable perméable n'a pu retenir qu'une faible partie des produits lessivés qui ont été entraînés plus profondément et se sont accumulés dans la couche reposant sur le rocher. Cette couche est moins perméable étant donné qu'elle contient beaucoup de terre fine provenant des couches supérieures.

La grande concentration des matériaux humiques dans cette couche, provient des racines qui par suite de la faible profondeur de la terre végétale se sont accumulées, arrêtées par les rochers.

Le profil II ne se distingue pas beaucoup du profil I, quoique provenant de la zone au-dessus de la forêt. D'autres, creusés dans la zone 2100 et 2500 m., qui se trouvent en-dessus de la limite supérieure actuelle de la forêt, présentent tous cette couche jaune du podsol ferrugineux qui est caractéristique pour les sols forestiers alpestres à sous-sol de roches primitives. Il y a là une confirmation de l'hypothèse d'après laquelle la forêt d'Aletsch s'étendait autrefois jusqu'à la crête entre Riederfurka et Moosfluh.

S'il est vrai que certains types de terrain comme le type à podsol ferrugineux sont caractéristiques pour l'association de

*Pinus cembra*-*Vaccinium*-*Rhodendron* et que sans doute ils en dépendent en partie, il n'est, d'autre part, certainement pas exclu qu'une certaine microfaune habite de préférence certains terrains déterminés, qu'ils soient créés par la microfaune ou que pour leur part ils la déterminent.

Les 300 ha. de la superficie de la réserve ne sont boisés qu'en partie, il y a beaucoup de terrain improductif (rochers et landes alpines). Au-dessus de la moraine supérieure à l'altitude de 2100 m. on ne trouve presque plus que des arbres et des groupes isolés. L'absence d'arbres est due au déboisement et au manque de nouvelles pousses causés par les animaux qu'on y menait au pâturage. Il est compréhensible qu'une pareille clairière ait amené avec elle de grandes modifications ; en effet non seulement les buissons et les jeunes arbres poussant à l'abri des grands arbres devaient disparaître, mais aussi la flore, qui autrefois était adaptée au climat local de la forêt, a dû s'adapter aux nouvelles conditions climatiques. Rien n'empêche de supposer qu'une modification semblable de la faune terrestre n'ait pas aussi suivi la disparition de la forêt.

La forêt actuelle se compose principalement de *Larix*, *Picea*, *Pinus cembra* et dans le sol de formation plus récente on trouve des *Salix*, *Alnus*, *Betula*.

Dans toute l'étendue du domaine se trouvent des *Rhododendrons*, *Vaccinium*, *Arctostaphylos uva ursi*, et *Juniperus*. Du reste la flore n'accuse pas de grandes particularités ; cependant on trouve des plantes caractéristiques pour certains types de sol. Aux endroits marécageux se trouvent des *Carex*, *Juncus*, *Trichophorum* et *Caltha palustris*. Par ailleurs la flore montre la composition ordinaire du gazon du roc primitif peu calcaire des Alpes centrales (Schröter C.).

Quelques mots encore de la faune générale laquelle joue aussi un rôle quoique petit pour la dissémination des protozoaires. Pendant mon séjour et lors de mon excursion à l'Eggishorn, je n'ai rencontré aucun grand animal, à l'exception des marmottes. Par contre les oiseaux y sont nombreux comme il ressort des restes de leur repas qu'on trouve un peu partout. Schröter en mentionne dans son travail une vingtaine d'espèces. En outre, j'ai observé à plusieurs reprises la présence de petits rongeurs.

Le travail auquel je me suis livré exige naturellement la division du domaine des investigations. Cette division doit servir à l'orientation, et elle doit nous renseigner quant à la dissémination des protozaires et des nématodes dans les différents secteurs. Pour l'orientation, je me suis servi de la division telle que je l'ai trouvée dans la brochure de Hess et qui partage le domaine du point de vue forestier en quatre secteurs. Cette division permet de tirer des conclusions aussi quant à l'influence du boisement sur la faune terrestre. Un autre point intéressant c'est l'influence de l'altitude sur la faune, raison pour laquelle la division est faite aussi en sens vertical.

La zone la plus basse (b) s'étend jusqu'à l'isohypse de 1800 m., la seconde zone (m) va de là jusqu'à la moraine supérieure à 2100 m. et la troisième (s) comprend la région non boisée entre la dite moraine supérieure et la crête. Tout d'abord je croyais pouvoir me dispenser d'une division d'après les genres de terrains telle que Menzel, Burkhalter et d'autres l'ont établie pour leurs recherches concernant les nématodes et cela à cause de la nature compliquée du terrain d'investigation. Finalement je me suis cependant décidé à la faire quand même afin de pouvoir mieux comparer mes résultats avec ceux d'autres auteurs. Ainsi la répartition des protozoaires et des nématodes a été étudiée de trois points de vue différents dont chacun correspond à un ensemble de facteurs influençant la faune, à savoir le boisage, l'altitude et la nature du terrain. Une pareille division est difficile à établir et suppose une registration impeccable. Mais elle présente l'avantage d'apporter quelques clartés concernant les phénomènes inexplicables qui pourraient se manifester dans la répartition et la densité de la faune, étant donné que des facteurs importants communs à plusieurs groupes peuvent par leur accumulation ou par leur absence fournir des explications précieuses de phénomènes qui de prime abord sembleraient inexplicables. Par exemple : dans la division II je trouve un maximum de nématodes, or ce secteur a deux caractéristiques très prononcées : il a la plus grande altitude et il n'est pas boisé. Auquel de ces deux facteurs faut-il attribuer le maximum ? Pour obtenir une réponse à cette question on peut du moins consulter les résultats qu'accuse d'une part la zone de la plus grande altitude par exemple l'Eggishorn, et d'autre part une zone non boisée (div. I).

## Description des différentes divisions

Dans le domaine examiné se trouvent toutes les conformations de terrain, depuis la roche nue et le sable sec et poreux, jusqu'à la terre imperméable et au rocher constamment recouvert de nappe d'eau, depuis le terrain découvert jusqu'au buisson épais et à la forêt sombre. On y trouve des couches à peine naissantes d'humus recouvertes de mousses, des couches fertiles de terre où poussent, suivant le degré d'humidité, des herbes et des buissons.

*Division I.* — Ce secteur forme le quartier nord-est de la forêt d'Aletsch et se trouve au bord du glacier. Ce terrain ne présente en aucune façon l'aspect d'une forêt normale, mais plutôt celui d'une forêt fortement déboisée et où les jeunes pousses ne se trouvent qu'en proportions insuffisantes. Sur de vastes étendues on ne voit que quelques groupes d'arbres isolés dont quelques-uns de grande dimension. Ils présentent donc l'image d'une absence d'équilibre. En fait de buisson on trouve surtout dans les zones inférieures diverses espèces de *Salix*, de même que *Alnus*. Les *Rhododendrons* et diverses sortes de *Vaccinium* forment dans ce secteur un ensemble moins continu que dans d'autres. Il en est de même des mousses et des lichens. Le reste de la division I est abondamment pourvu d'eau stagnante et courante. Le terrain se compose principalement de vieux matériaux morainiques. Tandis que la couche d'humus y atteint une profondeur appréciable par place j'ai rencontré ailleurs déjà la résistance du roc à une profondeur de quelques centimètres.

*Division II.* — Cette division s'étend tout au long de la forêt d'Aletsch le long de la crête et est limitée vers le bas au nord-ouest par une vieille moraine et en même temps par la lisière de la forêt. Au nord-est ce domaine descend en pointe jusqu'au glacier. C'est la partie non boisée de la réserve. Seules les deux extrémités sont boisées. Sur les terrasses rocheuses de la partie sud-ouest on trouve assez abondamment les mêmes buissons que dans le reste de la forêt, à l'exception toutefois de *Salix* qui y est moins fréquent. La partie nord-est forme une dépression pénétrant davantage dans la montagne et où se trouvent par ici, par là, quelques aroles. Elle est en grande partie couverte d'éboulis rocailloux qui forment souvent de profondes crevasses et cavernes. Dans ce second secteur on remarque comme végétation les buissons touffus de *Rhododendrons* et de *Vaccinium* qui forment de grands

tapis. Les terrasses rocheuses supérieures sont recouvertes de lichens et de mousses épaisses souvent débordantes.

A la différence des zones plus basses, cette région semble exempte de moraine. En beaucoup d'endroits la couche d'humus n'atteint que quelques mm. de profondeur au-dessous de laquelle on voit souvent une couche nettement perceptible de roches en état de désagrégation. Il y a très peu d'eau de surface et de rigoles.

*Division III.* — Au milieu de la réserve se trouve le secteur III qui s'étend en une zone étroite vers la Riederfurka. La densité de boisage constitue une transition entre le secteur I faiblement boisé et le secteur 4 qui l'est fortement. Cette partie n'offre pas l'aspect d'une forêt normale. Elle est traversée par plusieurs fossés longitudinaux profonds qui généralement contiennent les cours d'eau et par endroit des nappes assez étendues d'eau stagnante. Sur les intervalles de terre ou de roche séparant ces eaux stagnantes, se trouve une flore abondante d'aroles, de mélèzes et de buissons. Le tout offre par endroit l'aspect de quelque parc artificiel abandonné et négligé. Le fait que cette zone reçoit de la forêt au point de vue climatérique une protection appréciable ressort déjà du fait qu'au début de juillet j'y ai encore trouvé des névés assez étendus. Dans ces petites dépressions humides on trouve des cypéracés, des renonculacées, des graminées et des crocus. Plus que dans les secteurs précédents on trouve ici du bois pourrissant, parfois même des troncs entiers gisant dans l'eau. Le sol est couvert par endroit d'une couche épaisse de branches sèches et d'aiguilles sur lesquelles prospèrent des Oxalis.

*Division IV.* — La partie la plus remarquable de toute la réserve est sans doute ce secteur nord-ouest qui est malheureusement un peu petit. Il semble avoir le moins souffert de la main sacrilège de l'homme et donne une impression de beauté majestueuse et farouche aux spectateurs saisis par le profond silence de la forêt austère.

Ici aussi l'arole domine et les mélèzes un peu moins nombreux s'y trouvent remplacés par l'épicéa beaucoup plus fréquent que dans le secteur III. Le sol souvent typique de la forêt présente un aspect très différent de celui des régions déboisées ; aussi le reste de la végétation est-il différent. Cette division constitue en quelque sorte un prolongement de la division III se terminant à

•



la lisière inférieure nettement dessinée de la forêt où le terrain rocailleux s'arrête sous forme d'une grande paroi abrupte descendant vers le glacier. La nature du terrain n'est pas très différente de celle du secteur III, cependant l'inclinaison plus forte fait qu'il y a moins d'eau de surface. Il y a lieu de supposer que la faune terrestre dans ce secteur se distinguera fortement de celle des secteurs I et II.

*Division V.* — Quoique cette partie n'appartienne pas encore à la réserve, j'y ai cependant prélevé quelques échantillons pour mes recherches concernant les protozoaires afin de me faire une meilleure idée de l'ensemble de toute cette région naturellement unie.

Ce secteur forme en effet le prolongement naturel du précédent et monte entre la langue du glacier et le Riederhorn de façon très abrupte. La densité de la forêt augmente plutôt et l'épicéa domine sur l'arole.

*Division VII.* — Sous ce chapitre je réunis tous les échantillons ne provenant pas du domaine d'investigation des 4 secteurs mentionnés. Je me suis intentionnellement abstenu d'intituler ce chapitre « Secteur VI » car un secteur ainsi désigné figure déjà sur la carte utilisée, et quoique je ne l'aie pas exploré, je considère néanmoins désirable que des travaux ultérieurs qui pourraient y être faits puissent se baser sur la même carte sans qu'il y ait une confusion quelconque des secteurs.

## Observations faites sur les cultures

### 1. Début du développement

Pendant les 10 jours que duraient au minimum les observations il a été possible d'observer les phénomènes généraux, qui le plus souvent se répétaient tandis que les observations d'une durée de 50 jours permettaient de déceler certains cas spéciaux. Nicole avait fixé pour ses contrôles un terme de 15 jours, partant de la supposition qu'après ce délai il ne se développe plus de nouvelles formes. Yákimoff (54) par contre mentionne le fait que *Halteria grandinella* et *Astasia proteus* cultivés également dans l'infusion de foin apparaissaient généralement tard, c'est-à-dire, après 20 ou 21 jours, quoique d'autres formes apparaissaient, comme c'est le cas dans les cultures de Nicole déjà le deuxième jour. Je pus

moi-même observer à plusieurs reprises que certaines formes ne se montrent à l'état actif dans les cultures qu'au bout de 15 jours.

La première apparition des protozoaires actifs dans la culture mixte ne suit pas dans un délai déterminé le moment de l'ensemencement.

Il y a cependant certaines données caractéristiques. Dans la grande majorité des cas, les premières formes apparaissent le deuxième ou le troisième jour. De même dans beaucoup de cultures certains flagellés apparaissent pour la première fois le dixième jour. Pour les amibes les délais ne semblent pas aussi nettement circonscrits ; je voudrais toutefois dire d'emblée que surtout dans les premières phases elles échappent facilement aux investigations. Cependant, elles semblent aussi apparaître de préférence le deuxième ou bien le septième ou encore le dixième jour.

L'ordre de l'apparition des différentes classes de protozoaires serait le suivant : flagellés, ciliés, amibes. Nicole (89), après d'autres auteurs, avait déjà conclu dans ce même sens. Je crois utile de rappeler ici la supposition de Kofoïd d'après laquelle une partie des flagellés observés pourraient être en réalité des amibes à un stade déterminé de leur évolution (Koffmann 312). Mais tandis que Nicole signale l'apparition des ciliés dans des cultures beaucoup plus nombreuses je n'ai pas fait une constatation analogue. De plus la période de première apparition et celle de l'apparition de nouvelles formes a été dans mes expériences plus longue que dans les siennes. Ceci pourrait être attribué au fait que j'ai étudié un plus grand nombre d'espèces et que j'ai conservé mes échantillons plus longtemps, car il est certain que le temps jusqu'au désenkystement dépend de l'âge des kystes. Certaines espèces, surtout des ciliés, retardent presque régulièrement sur les autres formes (cult. 61, 41, 27 et 25). Ce qui pourrait être dû à une certaine spécificité du milieu. Certaines espèces de flagellés montrent la tendance d'apparaître toujours assez tard, le sixième ou le septième jour.

De même que Nicole (90) je n'ai jamais pu déceler de vorticelles avant le cinquième jour. On peut observer assez fréquemment que les formes qui apparaissent tardivement se développent aussi mal, fait qui pourrait cependant être la conséquence directe du premier parce qu'au moment de leur activation le milieu a déjà outrepassé les conditions optimales. Ceci s'applique tout

spécialement aux flagellés, (cult. 1, 18, 28, 52, 111, 115) ; de plus ces formes disparaissent souvent d'un coup.

Nicole a déjà étudié de près les facteurs qui pourraient être susceptibles d'influencer le désenkystement. Pour illustrer ce phénomène je veux citer ci-après un groupe de vorticelles.

TABLEAU II

Cult.	Jour de l'apparition	Conditions du sol
80	5	humide
83	7	détrempé
26	9	gelé
121	10	sec

Il y a lieu de citer ici les terres de de Bruyn, cultures dans lesquelles les flagellés apparurent pour la première fois le 18<sup>me</sup> voir même le 23<sup>me</sup> jour. La cause du passage précoce ou tardif de l'état de kyste à l'état trophique pourrait bien être recherchée dans la conception de Kahl (14) d'après laquelle les protozoaires seraient susceptibles de former des enveloppes (kystes) différentes. En effet, il existe selon Kahl des kystes qui diffèrent d'après la cause qui les a produits, à savoir des kystes de division, de protection, de digestion, et des kystes persistants, ces derniers servant à la dissémination. Il n'est pas exclu que les différentes formes de ces kystes puissent exister dans le sol et que suivant les conditions plus ou moins favorables les formes actives apparaissent plus ou moins vite.

De façon générale, il est probable que les mêmes circonstances qui influent sur le développement des formes actives agissent aussi dans un sens soit favorable, soit défavorable, sur le passage de la phase inactive à la phase active.

Cauda et Sangiorgi (397) dans des expériences portant sur un échantillon de terrain de rizière ont vu confirmer l'hypothèse que le désenkystement dépend de la nourriture. Ils utilisèrent cinq milieux différents (pas d'infusion de foin) et n'observèrent généralement le développement que du sixième au huitième jour du séjour dans le thermostat, rarement déjà le quatrième jour et plus tard entre le dixième et le douzième jour. Sans aucun doute, le milieu nourricier joue ici un rôle.

Yakimoff a trouvé également que les différentes espèces non seulement montrèrent un développement plus ou moins bon selon les milieux mais que ce dernier influait aussi sur le jour du désenkystement. Il fit des expériences aussi avec des infusions de foin, mais des infusions à 5 % (les nôtres sont à 10 %) et s'exprime à ce sujet comme suit : « du second jour, nous pouvons dire de même que du milieu précédent (infusion de fumier de vache à 5 %). S'il apparut quoique ce soit au second jour la quantité en est si minime qu'elle ne fût point remarquée. Pour la première fois, nous remarquâmes les petites amibes *Vahlkampfia*, les petits flagellés *Monas guttula*, *Oicomonas mutans*, etc., et les petits infusoires. » Il semble qu'on puisse en conclure que non seulement le genre de nourriture, mais aussi sa concentration jouent un rôle. Ceci nous amène tout naturellement à considérer la question du pH.

## 2. Influence du pH sur le développement de la communauté des protozoaires dans l'infusion du foin

A ce sujet Darby (31) s'exprime comme suit : The rate of excystment has a direct relation to the pH. Selon cet auteur il n'y a pas de désenkystement de *Stylonicchia pustulata* en dessous du pH 6,10 et pas non plus au delà du pH 8,9.

Du tableau III ressort clairement que le développement des protozoaires a lieu dans les limites de certaines valeurs liminaires, fait, qui à son tour, doit être imputé aux bactéries. Qu'il en soit réellement ainsi, cela ressort du fait que le pH des infusions contenant seulement des bactéries mais pas de protozoaires passe par les mêmes phases que celui des infusions contenant des protozoaires, tandis que les infusions stériles montrent un pH descendant.

TABLEAU III  
(Valeurs moyennes de huit cultures)

Nombre de jours après l'ensemencement	1	8	29
pH . . . . .	5,27	6,48	8,16
Nombre de protozoaires . . . .	—	2,01	1,31
Infusion stérile, pH . . . .	5,59	5,50	5,24
»        »        » . . . .	5,60	7,30 infectée	—

### 3. Influence des bactéries sur le pH des infusions de foin

TABEAU IV

Temps après l'ensemencement	(stérile)	6 heures	8 jours	29 j.
	5,58	6,20	6,95	8,63
	5,59	5,26	5,27	8,63

Du tableau III il ne ressort pas quel est le pH le plus bas auquel peut avoir lieu le désenkystement, (cult. 65 au pH 6,28), cependant cette dernière valeur pourrait bien être très rapprochée de cette limite.

De toute façon, tous les échantillons de terre utilisée étaient plus acides que l'infusion stérile au pH 6,60 parce que dans toutes les cultures le pH s'abaissait au début en moyenne jusqu'à 5,27 (excepté cult. 65).

Comme facteur déterminant des modifications lors du passage à la phase trophique, je crois pouvoir considérer les suivants :

a) *facteurs internes*, c'est-à-dire contenus dans les individus mêmes : espèce, nature et âge du kyste ;

b) *facteurs externes*. Présence de bactéries formant par suite de l'altération chimique du milieu, avec le pH un ensemble de facteurs, nourriture, concentration de sels, degré d'humidité et température.

Tous ces facteurs jouent dans le substrat artificiel un rôle constatable, car on peut les laisser agir séparément. Quelles conclusions ce fait nous permet-il de tirer quant aux conditions régnant dans le sol ? Peut-on admettre une faune de protozoaires de Colpoda cucullus et Colpoda steini dans la forêt d'Aletsch si le pH de la couche superficielle de 0 à 15 cm. est de 3,74 ? (Hess 83).

Il apparaîtra de prime abord tout à fait impossible que le Colpoda cucullus et le Colpoda steini puissent prendre une forme active dans un sol au pH 3,74, et cependant ces deux formes appartiennent aux ciliés les plus répandus dans le domaine de mes investigations. Il y a à cette question les solutions possibles que voici :

1. Les ciliés n'existent dans le sol que sous forme de kyste, ainsi que le dit aussi Goodey (Koffmann 282) qui n'a trouvé les

ciliés dans le sol qu'à l'état enkysté. Cutler (Koffmann 281) trouva les rhizopodes et les flagellés dans le sol seulement en forme active tandis qu'il ne trouva des ciliés qu'en petit nombre et peu répandus. Des investigations faites par Fantham et Taylor sur de la terre africaine provenant des provinces du Cap, de Natal, et du Transvaal, il ressort que les formes trophiques ne s'y trouvent que rarement.

Il est vrai que j'ai trouvé à différentes reprises des ciliés actifs (*Oxytricha*) dans des tubes qui, à côté de la terre, contenaient encore de l'eau en abondance, fait que j'attribue uniquement à la quantité d'eau présente.

2. Les constatations faites dans les cultures, à savoir que le *Colpoda cucullus* et le *Colpoda steini* ne peuvent exister en forme active qu'entre les pH 7,75 à 8,30, peuvent être considérés valables pour toutes les cultures mais non pas pour la vie dans le sol naturel. De toute façon, j'aimerais citer quelques résultats obtenus par Varga qui a fait des investigations au Sahara et en Algérie, cela d'autant plus que l'auteur est d'avis que là aussi les protozoaires vivent une vie active. Au pH 8,80 il trouva des *Colpoda cucullus* et *steini* dans un sol ayant une teneur d'eau de 10 % très remarquable pour ces régions. Dans la culture 6, je trouve au pH 8,53 outre des flagellés encore des *Colpoda cucullus* assez nombreux. Quoique le déplacement de la limite ne soit pas considérable, je tiens quand même à faire remarquer que la concentration des ions H, laquelle dépend de facteurs multiples, représente par elle-même tout un ensemble de conditions intéressant la physiologie des protozoaires.

D'autre part, Varga tout spécialement a démontré que les protozoaires ont une grande faculté d'adaptation. Ceci m'amène à penser que les valeurs de pH dans une culture correspondent plutôt aux valeurs liminaires de la faculté d'adaptation dans un milieu déterminé qu'aux valeurs liminaires des possibilités conditionnant une existence active. Ou en d'autres termes, en cas de prédominance extrême d'un facteur vital, l'intensité des autres facteurs subit une adaptation, dans ce sens qu'elle augmente ou diminue en proportion inverse du facteur principal et crée ainsi des standards de vie locaux différents. Dans ces expériences il ne faut jamais se baser sur un facteur unique, car le résultat sera d'autant plus sûr qu'on aura pu saisir l'action d'ensemble des facteurs en jeu.

#### 4. Influence de la quantité du milieu liquide sur le développement des protozoaires

Parmi les différents milieux de culture utilisés c'est l'infusion de foin à 10 % qui s'est révélée le meilleur car c'est ce milieu qui permet aux formes les plus nombreuses de se développer sans que d'autres formes aient à en pâtir.

J'ai pu toutefois faire l'expérience qu'une forme (*Oxytricha*, cult. 40) ne s'est pas développée après l'ensemencement répété dans l'infusion de foin, tandis qu'elle existait dans l'échantillon de terre détrempée. Tout d'abord je supposais que l'infusion de foin n'était pas propice au développement de cette forme. Le professeur Galli-Valerio me fit cependant remarquer que certaines formes ne peuvent prospérer que dans des petites quantités de liquide, ce qui correspond à leur condition de vie naturelle dans le sol. En effet, je trouvais dans la littérature un travail de Yocom (731) s'occupant spécialement de ce phénomène. Cet auteur a observé que l'*Oxytricha* se reproduit plus rapidement dans une petite quantité de solution (4 gouttes) que dans une grande (10 gouttes). Par suite de ces observations, il devint partisan de la théorie de Robertson (1923) suivant laquelle les infusoires excréteraient une substance agissant sur le pouvoir de multiplication. Ce qui expliquerait les meilleurs résultats obtenus dans un milieu restreint.

#### 5. Oscillations dans les cultures

Après avoir élucidé quelque peu la question du désenkystement, je cherche à me rendre compte de la façon dont se fait le développement ultérieur des protozoaires dans un milieu artificiel.

Il suffit de jeter un regard sur le journal de laboratoire concernant les cultures pour voir que le nombre des individus n'est pas déterminé par un développement progressant de façon uniforme, mais que les maxima y alternent avec les dépressions.

Dans les cultures d'une seule espèce on observe une augmentation et une diminution uniforme du nombre d'individus. Cette suite naturelle se trouve dérangée dans des cultures mixtes ; ici je veux constater qu'une anomalie de la courbe va généralement de pair avec l'apparition d'une autre espèce appartenant soit à la même classe, soit à une autre.

Dans les cultures à deux espèces de différentes classes on peut constater aussi bien un parcours parallèle qu'opposé.

Il en est probablement ainsi : dans les cultures où les conditions sont optimales toutes les classes peuvent se développer simultanément, tandis que dans des conditions moins favorables on note une compensation s'établissant aux dépens de l'une ou de l'autre espèce. Après 4 années d'études approfondies Dawson (731) est parvenu à la conclusion qu'il existe non un cycle vital mais de simples fluctuations dans les cultures ; il n'y a donc pas de « life cycle » chez les ciliés.

Les cultures se prêtent très bien à l'étude de la périodicité car une partie des facteurs tels que les concentrations du sel et des ions H, la nourriture et le taux d'oxygène sont plus ou moins connus. Cependant il existe des opinions contradictoires et il appartiendra à l'avenir d'expliquer les causes de cette périodicité. Je reviendrai en détail sur la variation de la faune dans le sol.

De toute façon, il est impossible d'admettre que les conditions existant dans le sol correspondent entièrement à celles existant dans les cultures.

*Influence de la lumière sur les cultures.* — Pendant toute la durée des observations, j'ai laissé à la fenêtre une série de cultures, tandis que j'ai gardé les témoins comme d'habitude dans une armoire. Je n'ai pas pu constater de différence ni pour le désenkystement ni pour le développement ultérieur.

## 6. Repiquage

Un quadruple repiquage de deux cultures (1 et 14) dans lesquelles étaient représentées les trois classes de protozoaires donna après 3 mois encore les mêmes formes, et en nombre égal comme au début, à l'exception toutefois d'une forme d'Oicomonas qui était peu représentée dans la culture mère et déjà entièrement disparue dans la deuxième culture.

Pour obtenir des résultats il faudrait répéter les expériences pendant longtemps. Il semble cependant que dans des conditions égales, les formes restent constantes. Galadjiev (972) a publié un travail dans lequel il est parvenu à la conclusion suivante : depuis 15 ans, l'infusoire *Paramecium caudatum* s'est multiplié sans conjugaison. La quantité de générations du 1er août 1910 jus-



qu'au 1er septembre 1914 a été de 5212. La culture a conservé toute sa vitalité sans avoir manifesté un affaiblissement d'énergie de multiplication, ni de caractère de dégénérescence et de vieillesse.

## 7. Variabilité

Je voudrais dire encore quelques mots de la variabilité de la forme dans les cultures, car celle-ci cause certainement parfois des erreurs et fait croire à l'apparition de nouvelles espèces.

Etant donné la position qu'ils occupent dans le système, il est naturel que les limites entre les différents groupes ne soient pas très nettes, ainsi on voit fréquemment des flagellés ayant un mouvement amiboïde et des pseudopodes (cult. 86), de même des amibes portant un flagelle, et il y a encore d'autres formes nombreuses de transition. C'est le cas surtout des amibes et des flagellés. Les recherches les plus récentes ont montré de façon de plus en plus évidente que ce ne sont pas les rhizopodes, mais bien les flagellés et précisément le groupe des flagellés à chlorophylle qui représentent les formes d'où partent les autres protozoaires. S'il y a des amibes qui portent encore le flagelle, on peut évidemment placer ces formes encore dans le système, pour autant qu'elles conservent cette particularité. J'ai dû souvent faire l'expérience que ce dualisme n'est que passager ; car lors d'un contrôle successif pour la détermination d'appartenance douteuse, ces formes ne pouvaient plus être trouvées du tout. Dans plusieurs cas de telles formes étrangères disparaissaient au bout de peu d'heures. Lors d'observations répétées, on ne trouva plus dans ces cultures que des formes susceptibles d'être classées. En général, on trouve ces formes anormales avec les autres et généralement en petit nombre. Il se peut que le cours naturel du développement exige le passage par de parcilles phases que peuvent justifier des raisons biologiques.

Il y a cependant d'autres variations de formes qui sont causées par des influences extérieures et doivent être considérées comme de véritables déformations. Ainsi par exemple les ciliés *Colpoda cucullus* et *steini* après avoir d'abord suivi un cours normal de développement, se voient brusquement soumis à des déformations multiples, phénomènes qu'on trouve fréquemment cités dans la littérature.

Oehler (176) qui cultiva des amibes remarqua qu'une forme de *Limax* de moyenne grandeur et provenant d'une infusion de terre se transformait facilement en forme de flagellé si l'agar était arrosé d'eau distillée.

Outre toutes ces formes, il existe encore beaucoup de variétés. Coppa (1468) prétend même que certaines espèces varient selon les saisons.

Wenyon dit que les Eumonades comprennent aussi bien des types à un flagelle et d'une structure très simple, que toute une série de formes compliquées ayant jusqu'à 6 flagelles. J'ai trouvé de pareilles formes ayant jusqu'à 6 flagelles dans la culture 86 et je n'ai pas eu l'impression qu'il s'agissait des formes prêtes à se diviser.

## 8. Variations du milieu

Le milieu subit sa première variation par l'ensemencement ajouté. Dans le cas qui nous occupe, le milieu devient en général tout d'abord acide à la suite de l'introduction de terre, ce qui nous permet d'admettre que la terre a un caractère acide. Aussitôt toutefois que commence un développement intense de bactéries et de protozoaires, cette acidité se déplace vers le point neutre, pour passer bientôt vers l'alcalinité.

En recherchant la cause de cette variation, j'ai constaté d'abord la présence d'ammoniaque qui doit être un produit de micro-organismes, car je ne la trouvais pas dans l'infusion stérile de foin qui ne devint du reste pas alcaline. La plupart des cultures émettent au bout d'un certain temps une odeur semblable à celle du purin. D'après des indications de Cunningham et Löhnis, Bréal (1896) trouva le *Colpidium* actif dans des déchets végétaux en état de pourriture et qui y produisait de l'ammoniaque. Je n'ai pas pu établir de façon expérimentale si cette ammoniaque provient des bactéries ou des protozoaires, car je n'ai opéré qu'en cultures mixtes.

Dans son livre Reichenow (364) cite l'avis d'Alexeieff d'après lequel le développement d'une faune riche de protozoaires dans le fumier et le purin contribue sensiblement à l'amélioration du fumier parce que ces organismes lient l'azote à leur substance corporelle de sorte qu'il ne disparaît pas sous la forme d'ammoniaque volatile. Reichenow (164) rapporte que des analyses d'excréments

effectués récemment par différents auteurs ont révélé d'abord de l'acide urique et ensuite du phosphate de chaux. Il en résulte que l'ammoniaque provient des bactéries et que les protozoaires représentent des antagonistes œcologiques de ces bactéries avec lesquelles ils forment une symbiose physiologique utile à l'agriculture.

Si les indications qui précèdent sont exactes, il en ressort ce qui suit : les protozoaires anéantissent donc leur nourricier. S'ils en anéantissent un trop grand nombre, ils périssent eux-mêmes par suite d'une insuffisance de nourriture, si par contre, ils n'en anéantissent qu'un nombre insuffisant, permettant ainsi aux bactéries de prendre le dessus, ils périssent par excès de nourriture.

## Observations sur les protozoaires dans les zones de recherches

### A. RÉPARTITION

Avant d'étudier la répartition des protozoaires, je voudrais définir au préalable quelques termes dont je me servirai ci-après. D'après Koffmann (278) les protozoaires du sol sont ceux qu'on trouve dans le sol, si certaines conditions sont réalisées, mais qui sont par ailleurs des protozoaires d'eau (ce ne sont donc pas des « protozoaires du sol » proprement dit) ou bien des protozoaires propres spécialement à la vie dans le sol et qui ne se trouvent qu'exceptionnellement ailleurs (« protozoaires du sol » dans la véritable acception du mot).

Nous appellerons protozoaires du sol ceux qui se trouvent dans le sol à l'état actif et enkysté, donc des véritables protozoaires du sol aussi bien que les protozoaires provenant d'un autre milieu.

Un autre terme qui doit être défini c'est celui de « classe dominante » car ce terme doit être compris différemment selon le genre et l'étendue des investigations. Nicole, qui a exploré une région géographiquement très limitée, appelle « classe dominante » la classe qui, soit seule, soit en union avec les autres classes, atteint la plus haute fréquence calculée par rapport au nombre des constatations positives faites pour chacune des trois classes isolément d'abord et ensuite totalisées. C'est-à-dire que la classe la plus fréquemment observée serait dominante. Cette con-

ception est-elle exacte ? elle l'est pour autant que l'on examine toujours les mêmes endroits. Elle ne l'est certainement pas si l'on veut considérer la composition quantitative des communautés des protozoaires dans les endroits éloignés les uns des autres. Ainsi par exemple les flagellés pourraient être trouvés dans le plus grand nombre de cas mais leur nombre pourrait être inférieur à celui des autres classes ; dans ce cas ils seraient dominants quant à la répartition géographique.

Pour un domaine aussi étendu que le nôtre, je voudrais qualifier de « dominante » la classe la plus nombreuse dans un domaine nettement circonscrit, c'est-à-dire, celle qui a la plus grande densité. Cette densité dépend de deux facteurs :

- 1) de la répartition locale ;
- 2) de la densité locale (nombre sur les différents points du domaine).

Pour une meilleure compréhension, nous pouvons imaginer que le domaine d'investigation soit divisé en autant de parties égales qu'il y a d'échantillons examinés, c'est-à-dire, que chaque échantillon représenterait un petit domaine déterminé de l'ensemble. Une classe est d'autant plus répandue qu'elle se trouve dans un plus grand nombre d'échantillons. Plus le nombre d'une classe est grand dans un échantillon (partie du secteur), plus est dense la classe dans cette partie du secteur. Il en ressort que la classe dominante serait celle-ci :

- a) qui accusera le plus grand nombre d'individus dans un échantillon (plus grande densité dans une partie du secteur) et qui sera en même temps présente dans le plus grand nombre d'échantillons.
- b) qui, soit par le grand nombre des constatations positives (répartition), soit par le grand nombre de ses individus dans un échantillon (densité dans la partie du secteur) dépasse le nombre total des individus des autres classes dans le secteur entier.
- c) qui pour un nombre égal de constatations positives (répartition) accuse le plus grand nombre total d'individus (densité) dans le secteur entier. Donc.

Classe dominante = maximum résultant des constatations positives pour une classe  $\times$  nombre d'individus de la même classe dans un échantillon.

Ou : classe dominante = maximum résultant de répartition  
× densité.

Pour pouvoir établir facilement ce calcul, nous supposons que les différentes classes soient partout également répandues (nous pouvons le faire d'autant plus que la somme des moyennes du nombre d'individus d'une classe représente toujours un multiple du total des constatations) et nous avons alors le cas c) mentionné plus haut où la grandeur du produit final de l'équation ne dépend plus que du deuxième facteur, c'est-à-dire, du nombre d'individus dans un échantillon ou de la densité dans une partie du secteur.

De la sorte, si une classe accuse le nombre maximum d'individus elle a droit à l'appellation de « dominante », ainsi qu'il ressort de la courbe la plus haute du graphique détaillé qui peut être consulté dans l'original de ce travail.

Conformément à la définition donnée nous dénombrons les kystes de la même manière que les formes trophiques puisque notre méthode ne permet pas de déterminer quels sont les individus qui se trouvent dans le sol à l'état déjà trophique et lesquels sont à l'état de kyste. Nous sommes d'avis que les protozoaires existent dans le sol selon les différentes conditions, soit comme kystes, soit comme formes trophiques, avis qui a déjà été exposé par Nicole. Reichenow (343) aussi se prononce dans le même sens lorsqu'il dit : les protozoaires habitent les endroits humides, ils ne peuvent prospérer que là où se trouve de l'eau sous forme liquide ; il est vrai que nous pouvons trouver parfois des kystes aussi dans le sable sec et dans la poussière. Mais les formes actives ont besoin d'eau pour vivre et périraient sans cela. L'auteur se prononce dans ce sens quant à la répartition des protozoaires sur la terre toute entière. De plus il dit : la grande répartition des protozoaires ne se note pas seulement dans nos régions pluvieuses, mais même à des endroits semblant très défavorables ; ainsi la poussière sèche des montagnes de l'Asie et des déserts d'Asie, d'Afrique et d'Amérique, contient les kystes de protozoaires comme nous l'ont démontré les explorations d'Ehrenberg dans la première moitié du siècle passé.

Nous devons cependant supposer que la fréquence ubiquitaire des protozoaires est due en partie à la faculté qu'ils ont de s'enkyster car c'est sous forme de kystes qu'ils se répandent et sont capables de survivre à des périodes défavorables.

D'autres auteurs pourtant sont d'avis que ce ne sont pas des kystes qui survivent à des périodes défavorables, mais que ce sont des formes actives d'adaptation. Varga (122) base cette opinion sur ses investigations dans le Sahara et dans les hauts plateaux de l'Algérie. Il a constaté que les échantillons de terre du Sahara et de Lybie ayant une teneur d'eau de 1 % contiennent des formes actives de protozoaires surtout de flagellés, tandis que dans la zone modérée une teneur d'eau même de 8 à 10 % ne suffit pas à leur assurer une vie active. Il en a conclu fort justement que les protozoaires se sont adaptés aux conditions de ces pays, ce qui se manifeste d'ailleurs aussi par la petitesse de leur forme. Il se base ici sur des recherches semblables de Killian et Fehér (Varga 122) qui sont arrivés à la conclusion que même avec une teneur minime en eau, en été, il existe une abondante microflore dans le sol. S'il y a dans les sols presque secs de nombreuses bactéries, champignons et algues, on ne peut pas ne pas admettre que les protozoaires y vivent activement. Ce dernier argument ne me semble pas très probant car il s'agit d'organismes de deux règnes tout différents. De plus il me semble curieux que des protozoaires dans un sol ayant une teneur d'eau de 1 % mènent une vie aussi active que dans le substrat liquide. Qu'on s'imagine un gramme d'eau répartie sur une superficie telle que la représente 99 gr. de sable. Rien ne nous permet cependant d'affirmer que l'adaptation que les protozoaires ont sans doute subie ne consiste pas plutôt dans le pouvoir de se désenkyster beaucoup plus rapidement au contact de l'eau, rapidité qui leur est indispensable dans ces régions où l'eau leur est dispensée si rarement, que dans le pouvoir de se contenter d'une teneur d'eau de 1 %. Tout être tend à la vie et se prévaut de toute possibilité qui lui est offerte de satisfaire cette tendance naturelle. Pour trancher cette question il serait donc indispensable d'examiner ces êtres non pas dans un milieu liquide comme Varga à l'instar de tous les autres savants l'a certainement fait, mais bien à sec.

Cunningham (13) a constaté dans des expériences de laboratoire une certaine faculté d'adaptation, quoique moindre, à la chaleur.

Dans mon domaine d'investigations la faculté d'adaptation ne joue pas un rôle aussi considérable parce que les conditions climatiques qui y règnent tout en étant extrêmes n'y sont pas de durée égale et longue comme par exemple dans un désert.

Au contraire, les conditions de vie y subissent des variations grandes et rapides de sorte qu'une adaptation à l'une d'elles ne pourrait pas se produire. Reichenow (345) opine qu'il n'y a probablement point de faune de protozoaires particulière à des parties du monde nettement circonscrites au point de vue géographique ou climatérique. Il est probable que toute la faune d'eau douce est de caractère cosmopolite.

### Répartition quantitative

Considérons avant tout la communauté des trois classes afin de pouvoir étudier ensuite les oscillations de chacune d'elles.

Le graphique A permet de voir que la ligne correspondant à la faune d'été aussi bien que celle de la faune d'automne est soumise à de grandes oscillations. Si la ligne de l'été se distingue tout particulièrement par de forts maxima celle de l'automne accuse en outre un minimum très marqué.

De plus la ligne d'automne reste en générale en dessous de la ligne d'été.

Il ressort du tableau V que les ciliés font exception étant présents en automne en général en plus grand nombre qu'en été, ce qui est probablement dû à l'humidité. Dans les sols secs examinés par Varga en Afrique, ce furent toujours les ciliés qui faisaient défaut lorsque les trois classes n'étaient pas toutes présentes. Il s'en suit que ce sont eux qui exigent les conditions de vie les plus favorables et avant tout l'humidité. De plus la figure A montre que la communauté des protozoaires dans les régions inférieures atteint en automne un niveau plus élevé qu'en été. Je reviendrai là-dessus plus tard en détail. Cutler, Crump et Sandon (720) ont constaté pour tous les microbes une variation quantitative non seulement saisonnière, mais même journalière. Ces auteurs ont poussé leurs observations si loin qu'ils déclarent (Koffmann 317) que le nombre des protozoaires serait indépendant de l'humidité, de la température et de l'environnement. Aussi les variations des conditions physiologiques pendant les différentes saisons n'auraient suivant ces auteurs aucun rapport avec la faune protozoaire du sol, de sorte que cette oscillation est attribuée à des facteurs biologiques internes ainsi que je l'ai exposé précédemment. Cette théorie peut permettre d'expliquer la présence

# RÉPARTITION DES COMMUNAUTÉS DES PROTOZOAIRES ET DES NÉMATODES SELON LES SAISONS, LES DIVISIONS, LES TERRAINS ET LES ALTITUDES

Fig. A



(Calculée d'après les totaux ressortant du tableau I et d'après le nombre des échantillons examinés.)

I. Protozoaires.

II. Nématodes.

--- Ligne de la communauté en été.

— Ligne de la communauté en automne.

Les chiffres romains indiquent les différentes divisions du domaine d'investigation.

Pât. = pâturage

For. = forêt

Ar. = arête

b = zone basse, jusqu'à l'altitude de 1800 m.

m = zone moyenne, de 1800 à 2100 m.

s = zone supérieure, au-delà de 2100 m.

E = Eggishorn.

T = Bettmerhorn.



de faunes protozoaires différentes dans le même terrain, et d'autre part celle de faunes identiques dans des terrains différents.

Cette conception semble être en contradiction avec le comportement d'autres organismes, par exemple des nématodes, chez lesquels une courbe saisonnière semblable peut être expliquée par des circonstances extérieures. Aussi Dawson (731) n'admet pas, comme déjà dit, le « life cycle ». Je trouve une confirmation de mes résultats chez Coppa. Cet auteur a constaté que la vie des unicellulaires atteignait son développement maximum en juin, le minimum en octobre indépendamment de la nature différente des terrains. Ce sont les fleuves du Tessin et les régions arrosées par eux qui furent l'objet de ces investigations. Les auteurs américains précités signalent, pour le sol cultivé et examiné par eux, le maximum à la fin novembre, et le minimum au début de mars, et un deuxième maximum concernant les bactéries fin juin. Il est peu probable qu'on puisse trouver parmi le grand nombre de facteurs celui ou ceux qui déterminent cette divergence, mais ceci ne nous autorise pas encore à l'attribuer à des facteurs biologiques internes. Il est certain qu'ici l'humidité n'est pas la cause déterminante car la période pendant laquelle je fis les prélèvements en automne était beaucoup plus humide qu'en été. La plus grande partie de la diminution de la communauté entre l'été et l'automne concerne les flagellés, ensuite viennent les amibes, tandis que les ciliés au contraire augmentent (voir tableau V).

*Conclusion.* — La faune terrestre des protozoaires est en automne moindre qu'en été surtout à cause de la forte diminution des flagellés.

Si nous établissons maintenant une comparaison avec les nématodes (voir dans l'annexe) nous voyons que leur comportement n'est pas identique à tous points de vue. La densité en effet est en général beaucoup plus grande en été qu'en automne, de même les oscillations de leur communauté sont beaucoup plus considérables d'un terrain à l'autre pendant les mois d'été qu'en automne. D'ailleurs les courbes des différents auteurs ne concordent pas toujours non plus pour les nématodes, sans qu'il soit possible de dire pourquoi. Je crois cependant que la raison doit être recherchée surtout dans la situation, le climat, la végétation et la nature du terrain.

*Répartition dans les différents terrains.* — Si nous venons de voir que la période estivale est plus propice au développement des protozoaires que l'automne, nous voulons maintenant étendre ces observations aux différents terrains.

La figure A nous indique deux maxima dont l'un dans la division non boisée VII et l'autre dans la forêt. Donc les deux terrains représentent des conditions optimales, ce qui est une preuve de plus à l'appui de l'opinion exposée précédemment que la région entière devait avoir été boisée autrefois. Comme les conditions climatiques de ces deux secteurs sont assez différentes, l'analogie semble résider plutôt dans la nature du terrain. Certainement l'altitude exerce ici une grande influence puisque la grande majorité des échantillons provient d'une altitude moyenne. La division VII représente dans sa plus grande partie un pâturage normalement parcouru par les animaux. Yakimoff (46) signale que les sols fécondés par du fumier sont plus riches en protozoaires que par exemple les sols de parcs. Les régions les plus pauvres en protozoaires seraient les marécages et les forêts de sapins. Quelques échantillons proviennent des eaux souillées (99, 94). Il a été déjà dit plusieurs fois que la terre fertilisée est plus riche en protistes que la terre non fertilisée, preuve en soit la terre 121.

La part la plus grande de ces maxima revient aux flagellés aussi bien dans la forêt qu'au pâturage. En deuxième lieu, nous trouvons dans la forêt les ciliés et dans la division VII les amibes. Pourquoi sont-ils ici plus nombreux que les amibes ? En général les ciliés sont soumis aux oscillations les plus petites. Si donc les amibes et les flagellés descendent beaucoup en-dessous de la ligne moyenne, les ciliés peuvent les dépasser. Ce qui est le cas en automne dans les secteurs boisés (III et IV). C'est dans cette saison et sur le pâturage que j'ai noté le maximum absolu des ciliés qui était toutefois indépendant des mouvements observés dans les deux autres classes. Les échantillons de la division VII proviennent surtout de la Riederalp où je les ai recueillis pendant un temps détestable, très pluvieux, mais d'autant plus favorable pour les protozoaires. Ces indications nous font admettre que les ciliés ont les plus grandes exigences quant aux conditions de vie favorables et surtout demandent une grande humidité. Tandis que le nombre des amibes est, en été, supérieur à celui des ciliés, le phénomène inverse s'observe en automne, où les ciliés sont plus nombreux que les amibes, en deux cas même plus nombreux que

les flagellés qui d'ordinaire sont rarement dépassés par une autre classe.

Les protozoaires se suivent donc dans l'ordre que voici : flagellés, ciliés, amibes.

Une comparaison avec les nématodes permet aussitôt de constater des différences sensibles. Tout d'abord les maxima des nématodes ne coïncident pas avec ceux des protozoaires, ce qui permet de conclure que les deux groupes d'animaux ne dépendent pas des mêmes conditions œcologiques optimales ; fait étrange, ici on n'observe point de maximum dans la forêt, tandis que c'est le pâturage qui se rapproche à ce point de vue des protozoaires de la division VII. Les protozoaires du secteur VII sont abondants grâce aux eaux souillées. En plus, la raison de cette analogie est plutôt la nature même du terrain comme je l'exposerai dans l'annexe. Contrairement à ce qui se passe pour les protozoaires, on peut noter pour les nématodes une augmentation progressive de la densité à mesure que l'altitude augmente.

Comparant maintenant les divisions VII et «forêt» en automne dans les deux endroits, on note, comme il fallait s'y attendre, une régression, mais cette régression est tellement importante dans le secteur VII, que la courbe tombe presque au niveau minimum de la faune toute entière en automne, tandis que la communauté se maintient bien dans la forêt.

Dans la division VII la régression a été la plus forte pour les amibes, tandis que dans la forêt celles-ci s'étaient maintenues presque au même niveau.

La plus grande persistance des conditions optimales pour les amibes semble donc exister dans la forêt (voir tableau V) ; la diminution des amibes dans le secteur VII est de  $-12$  ; dans la forêt  $-1$ .

Aussi chez les nématodes la plus grande régression de la communauté s'observe dans les zones non boisées et hautes. Ici cependant la régression, contrairement à ce qui se passe pour les protozoaires, est considérable dans la forêt. Il est donc évident que la forêt ne protège pas les nématodes de façon aussi efficace contre les influences défavorables de la saison hivernale que les protozoaires. Ce phénomène s'explique probablement par le fait que le sol de la forêt ne présente pas par lui-même un milieu idéal pour les nématodes.

*Minima.* — Un minimum marqué de la communauté s'observe en été dans la zone b. Les flagellés y sont les plus nombreux et les deux autres classes suivent en force à peu près égale. A quoi faut-il attribuer cette différence dans le terrain le plus proche du glacier ? D'une part cette zone comprend une grande partie de forêt ce qui représenterait donc un optimum, mais d'autre part, il s'agit principalement de terrain d'éboulis sablonneux, de moraine, qui est très peu boisé et très sec. Je ne puis pas dire si la proximité du glacier n'a pas pour effet de conférer à la région voisine une flore qui correspondrait normalement à d'autres altitudes et n'inverse pas en quelque sorte les limites normales de la végétation, inversion que la faune subirait également. Ce qui est certain c'est que le développement des protozoaires dans cette zone augmente vers l'automne, surtout celui des ciliés, ce qui me fait supposer qu'ici l'humidité et le climat jouent le rôle principal (voir tableau V).

Comparaison avec les nématodes. — En été le nombre des nématodes comme d'ailleurs celui des protozoaires est maintenu bas, à faible altitude, par la sécheresse due à des précipitations insuffisantes, par la perméabilité du terrain formé par les éboulis et d'autre part, peut-être aussi, par un manque de nourriture dû à une chaleur insuffisante. Contrairement à ce qui se passe pour les protozoaires, on ne peut cependant pas dire des nématodes qu'ils préfèrent en automne les basses altitudes, et qu'ils peuplent la forêt pendant cette saison plus que d'ordinaire. Ce phénomène sera exposé du moins en partie plus loin.

S'il est vrai qu'en été les zones moyennes et les forêts sont riches en protozoaires, nous observons d'autre part en automne un déplacement dans ce sens que les altitudes les plus basses prennent ici la place des moyennes, tandis que la forêt en général héberge encore un très grand nombre de protozoaires qui atteint surtout à sa plus basse altitude (division V) son maximum.

La forêt et une faible altitude sont donc de nature à favoriser en automne le développement des protozoaires ce qui nous ramène tout naturellement aux conditions climatiques plus favorables et notamment à la température et à l'humidité.

D'après le tableau V la plus grande régression (moins 27) se manifeste dans le secteur VII, surtout composé de pâturage et d'eau et la plus petite régression dans le secteur « arête » (—2).

TABLEAU V

Protozoaires

Différences en plus ou en moins notées pour les trois classes, dans les différents secteurs et altitudes, en été et en automne

Secteurs et altitudes	I	II	III	IV	V	VII	b	m	s	Pât.	For.	Ar.	Total
Différences des Flagellés	+ 1	— 9	— 17	+ 2	+ 10	— 12	+ 3	— 7	— 8	— 11	— 14	— 1	— 63
Différences des Ciliés	+ 1	+ 6	+ 8	— 1	+ 4	— 3	+ 4	— 2	+ 3	+ 10	— 7	+ 6	+ 29
Différences des Amibes	— 8	— 5	+ 4	+ 1	+ 17	— 12	+ 4	— 2	— 4	— 3	— 1	— 7	— 16
Différences totales	— 6	— 8	— 5	+ 2	+ 31	— 27	+ 11	— 11	— 9	— 4	— 22	— 2	— 50

Nématodes

Nombre d'individus en été	12	23	18	12	—	19	12	15	23	23	18	17
en automne	10	10	10	11	—	11	9	10	11	14	11	12
Différences	2	13	8	1	—	8	3	5	12	9	7	5

b = zone jusqu'à 1800 m.  
m = zone de 1800 à 2100 m.  
s = zone au delà de 2100 m.

Pât. = Pâturage  
For. = Forêt  
Ar. = Arête

Si ce secteur est abondamment couvert d'éricacées, il protège les protozoaires peut-être mieux que le pâturage, mais je crois que la nourriture joue ici un rôle car les prairies sont déjà tellement dénudées que le bétail arrache du sol même les racines d'herbe et que les plantes ont déjà pour la plupart péri. Aussi la flore dont la faune se nourrit dans les mares aurait diminué fortement. Par contre dans les régions couvertes de plantes vivaces, le manque de nourriture pourrait moins se faire sentir.

Comparaison avec les nématodes. — Contrairement à ce qui se passe pour les protozoaires, la quantité des nématodes a subi une diminution dans tous les secteurs, dans tous les terrains et toutes les altitudes. Cette diminution peut être considérée comme un véritable étalon de mesure des facteurs entrant en ligne de compte.

*Répartition à différentes altitudes.* — Comment se compose la faune terrestre des protozoaires quantitativement aux diverses altitudes ? La figure A montre qu'en été le nombre des protozoaires augmente à mesure qu'on s'élève jusqu'à 2100 m., de là, jusqu'à l'altitude de 2331 m. sur la Moosfluh, elle diminue très faiblement. En septembre, l'image est renversée. La communauté est en régression jusqu'à 2100 m., altitude à partir de laquelle la densité se maintient constante jusqu'à la Moosfluh.

Ici j'ajouterai à titre de complément les résultats obtenus à l'Eggishorn (2934 m.) gravi en été et du Bettmerhorn (2865 m.) gravi en automne. La ligne de la faune d'été montre une très petite régression depuis 2100 m., jusqu'à la Moosfluh, régression s'accroissant fortement à mesure qu'on s'élève et jusqu'à l'altitude de l'Eggishorn. La faune protozoaire atteint ici son niveau le plus bas constaté. En une mesure un peu moindre, la ligne de la faune d'automne s'abaisse depuis la Moosfluh jusqu'à l'altitude du Bettmerhorn.

J'en conclus :

1. que la faune protozoaire est soumise à une variation quantitative jusqu'à l'altitude de 1800 m.
2. qu'à l'altitude moyenne de 2100 à 2331 m. elle reste constante en été et en automne.
3. qu'au delà de 2331 m. elle régresse fortement à mesure que l'on s'élève.

Comparaison avec les nématodes. — Le rapport existant entre la communauté des nématodes et l'altitude est généralement différent de celui qui existe entre l'altitude et les protozoaires. Ainsi que je l'exposerai en détail dans l'annexe, le nombre des individus augmente avec l'altitude aussi bien en été qu'en automne, saisons où cette augmentation devient progressive. Par contre je ne puis observer aucune variation du nombre d'espèces aux différentes altitudes. La différence entre les deux faunes consiste donc en ceci, que la ligne ascendante de densité de nématodes n'est pas interrompue à 2100 m. et que l'altitude croissante jusqu'à 3000 m. n'impose aux nématodes aucune limite qui se traduirait par une diminution du nombre d'individus. Cette ligne de densité est donc parallèle à la ligne de la faune d'été des protozoaires jusqu'à 2100 m. seulement. Sur l'Eggishorn et aussi sur le Bettmerhorn, les trois classes de protozoaires sont représentées dans l'ordre suivant : flagellés, amibes, ciliés. Ce sont là aussi les espèces qu'on trouve le plus fréquemment à de moindres altitudes.

Il est universellement connu qu'à l'altitude la répartition verticale de la faune générale se trouve limitée par la diminution de la pression atmosphérique ; nous venons de démontrer d'autre part que l'altitude exerce une influence aussi sur la répartition des petits invertébrés et des protozoaires. Il n'a pas encore été élucidé, par contre, s'il existe une limite d'altitude pour l'existence des protozoaires. Cependant je relève du travail de Nicole (101) qu'un échantillon prélevé au Frilihorn (3107 m.) contenait encore quelques ciliés, tandis qu'un autre échantillon du Wasenhorn (3346 m.) prélevé par le Professeur Galli-Valerio ne contenait plus de protozoaires du tout. Menzel (8) rapporte qu'on a trouvé des infusoires dans des lichens, même à une altitude de 6240 m. Je voudrais encore citer quelques échantillons prélevés par moi dans des endroits isolés, généralement sur des troncs d'arbres brisés au milieu par le vent ou aussi dans des lichens provenant des branches d'arbres. Les résultats obtenus ici concernant les protozoaires sont très différents. En tous cas ces endroits sont généralement infectés (cult. 13, 46, 55, 64, 67, 69, 89) mais la faune protozoaire y est relativement fort inférieure à celle de n'importe quel terrain.

Dans le sable pur sans végétation et se trouvant à proximité du glacier, de même que dans la terre se trouvant sur le glacier,

je n'ai pas trouvé de protozoaires, mais aussitôt que le sable est mélangé à un peu d'humus et traversé par des racines, il montre un certain nombre de protozoaires si petit qu'il soit.

Ici il faut mentionner les différents petits lacs dont l'eau ne contient pas de protozoaires (105, 110, 117), à moins que les échantillons ne contiennent aussi un peu de terre.

### Répartition qualitative

La plupart des auteurs attachent une grande importance à ce chapitre, et manquent rarement de citer les espèces trouvées. Ce travail cependant ne se propose pas spécialement ce but, j'ai néanmoins déterminé un certain nombre d'espèces, et quand cela ne m'a pas été possible, j'ai du moins indiqué le genre, de sorte que le nombre des espèces est pour le moins, sinon plus grand que celui des genres indiqués.

Dans le tableau VI, je fais suivre le nom du genre d'un point d'interrogation lorsque l'espèce était douteuse.

TABLEAU VI

*Flagellés* : *Bodo caudatus* Djrd. *Bodo* ? *Oicomonas termo* Ehrbg.

*Cercomonas crassicauda* Djrd. *Monas vivipara* Ehrbg.

\* *Monas* Ehrbg. *Heteronema acus* Ehrbg.

*Ciliés*. — \* *Colpoda cucullus* O. F. Müller. \* *Colpoda steini* Maup.

*Colpoda* (penardi ?). *Colpoda tripartita*. \* *Paramecium* ?

\* *Oxytricha* ? *Urotricha* ? \* *Vorticella* ?

*Amibes*. — \* *Typus Limax*. *Typus Vahlkampfia*. \* *Typus Amoeba radiosa* Perty.

Les flagellés ont été déterminés selon Bütschli, les ciliés selon le dernier ouvrage de Kahl, et les amibes pour autant que possible selon Doflein (Reichenow).

Nous pouvons admettre que la plupart des formes sont répandues de façon ubiquitaire dans le domaine exploré, cependant les *Monas vivipara* Ehrbg. ne se trouvent que rarement (cult. 77, 88), et les *Heteronema acus* Ehrbg. qu'exceptionnellement (cult. 26). Des ciliés, les *Paramecium*, *Oxytricha* (cult. 121, 40) et les vorticelles ne sont pas fréquents et les *Colpoda tripartita* (cul. 83) ne se rencontrent qu'exceptionnellement. Des amibes



c'est le type *Amoeba radiosa* Perty qu'on rencontre le plus rarement. Le nombre des espèces des ciliés et des flagellés semble sensiblement égal, tandis que celui des amibes est fortement inférieur. Selon Fellers et Allison le nombre des espèces de ciliés dépasse celui des autres groupes de protozoaires. Pour ce qui est du nombre d'individus, les flagellés dominent et sont suivis des ciliés et en dernier lieu des rhizopodes (Koffman 282). Cutler, Crump et Sandon sont arrivés à la conclusion que la faune protozoaire reste presque constante quant au nombre des espèces, pendant toute l'année.

Coppa (1468) dresse pour son terrain une liste de 63 espèces dont 35 sont en même temps des formes d'eau douce. Entre ces 63 espèces, les rhizopodes occupent la première place. Novikoff (362) a pu déterminer dans du terrain de culture des environs de Moscou 31 genres formant en tout 39 espèces. Godet (61-97) indique comme résultat de ses examens des eaux de surface du canton de Neuchâtel 168 espèces parmi lesquelles aussi les ciliés dominent. Huit de ces espèces se trouvent indiquées sur ma liste du tableau VI (marquées d'un \*). La grande liste de Mermoud (98) des protozoaires des tourbières ne comprend cependant pas autant d'espèces que la liste établie par Roux à Genève, liste sur laquelle on ne trouve qu'un seul des genres figurant dans la mienne.

Il est curieux de voir que Varga a trouvé dans le Sahara et dans les hauts plateaux de l'Algérie les mêmes genres que j'ai trouvés dans la forêt d'Aletsch à l'exception d'*Heteronema acus* Ehrbg (cult. 26) que j'ai trouvé dans le voisinage immédiat d'eau et de *Colpoda tripartita* (cult. 83), trouvé sous la neige fondante. Cette analogie est frappante, étant donné qu'il s'agit de 2 sols très différents, celui du Sahara est nettement sablonneux presque dénudé de végétation et ayant un pH de 7,88 en moyenne.

Comment expliquer le fait que les résultats d'investigations faites dans la forêt d'Aletsch et sur les Rochers de Naye concordent moins avec ceux de la plaine suisse qu'avec les résultats signalés en Afrique ? Tout d'abord le nombre des espèces est beaucoup plus grand en plaine que dans les Alpes. Aussi bien les échantillons de Nicole que les miens manquent de grandes formes de protozoaires, ce qui est le cas aussi pour le sol du Sahara. Il est vrai que le nombre des espèces reste encore plus

grand dans la liste de Varga, mais cet auteur rapporte qu'elles sont toutes caractérisées par la petitesse de leur dimension.

On voudrait maintenant connaître la raison primaire pour laquelle dans le désert aussi bien que dans les Alpes on ne trouve que de petites formes. Faut-il croire qu'elles sont petites parce qu'elles ont dû s'adapter à des conditions de vie défavorables ou bien parce qu'elles ont été portées par le vent dans le désert et dans les Alpes et que le vent ne pouvait pas en charrier de plus grandes. Dans ces deux régions en effet on note des conditions climatiques extrêmes et dans les deux régions aussi, la dissémination est presque exclusivement le fait du vent.

Parmi les protozoaires ce sont probablement les ciliés, les formes les plus grandes, qui sont les moins fréquentes dans le Sahara et dans les Alpes. Calculé par rapport à la fréquence totale des 3 classes, la fréquence de chacune d'elles est la suivante :

TABLEAU VII

	Sahara	Rochers de Naye	Eggishorn Bettmerhorn
Flagellés	43 %	45 %	43 %
Amibes	43 %	29 %	38 %
Ciliés	14 %	26 %	19 %

Les ciliés représentent cependant aussi les formes les moins résistantes ; nous ignorons donc si ces plus petites formes de la microfaune sont amenées par le vent ou produites par le climat. Le tableau VIII me paraît d'autre part démontrer qu'il revient à la sécheresse un certain rôle dans ce développement.

TABLEAU VIII

Zones	ÉTÉ			AUTOMNE		
	b	m	s	b	m	s
Flagellés	42 %	37 %	38 %	38 %	36 %	31 %
Ciliés	29 %	34 %	29 %	31 %	34 %	39 %
Amibes	29 %	29 %	33 %	31 %	30 %	30 %

En été nous voyons l'ordre maintenu tel qu'il résulte du tableau VIII et cela aussi bien dans les zones sèches (moraine) que dans les zones d'altitude élevée, tandis qu'aux altitudes moyennes où l'humidité est plus grande (beaucoup de mares et de cours d'eau) l'ordre suit celui trouvé dans la plaine. De même nous voyons dans la saison humide de l'automne, les ciliés à la

place qu'ils ont dans la plaine, voire même à la première place. Comme cependant l'humidité et le vent sont des facteurs entre lesquels existe une étroite dépendance, il y a probablement lieu d'attribuer le phénomène à ces deux facteurs, dans ce sens que le vent effectue une sélection mécanique accompagnée de l'action œcologique-climatérique de l'humidité, facteurs réunis qui font naître une faune particulière. Il est évident que ces deux facteurs ne sont pas seuls à agir, mais que leur action est concomitante à celle d'autres facteurs ; toutefois ce sont les deux principaux.

Mermod (98) a pu trouver dans les tourbières de Ste-Croix une certaine sélection de protozoaires dans laquelle les différentes catégories se distinguent selon la nature de l'eau. Il serait certainement intéressant de faire des investigations semblables pour le sol, investigations qui cependant ne pourraient pas être faites avec succès sans recours à l'analyse physico-chimique. Du reste le sol de mon domaine d'investigations proprement dit n'accuse pas de très grandes différences, de sorte que je pus m'abstenir de pareilles recherches. Je voudrais cependant souligner particulièrement que le sol de la forêt est un séjour préféré des protozoaires. On peut mentionner en outre comme un autre facteur le fait que l'acidité de ce sol est comme dans les cultures, favorable au développement des protozoaires. Cette acidité est probablement due principalement à la décomposition incomplète des débris de plantes mortes, décomposition qui à son tour dépend de l'humidité de la température et surtout de la présence d'oxygène. Comme le sol des forêts est d'autant moins favorable aux arbres qu'il est plus acide, ce qui est aussi défavorable au rajeunissement de la forêt, et que certains protozoaires sont aussi, du moins dans les cultures, entravés dans leur vie active par un pH trop bas, on peut envisager l'hypothèse suivante :

Un sol représentant un optimum pour les arbres de la forêt (peut-être même pour la végétation en général) fournit aussi aux protozoaires l'optimum des conditions œcologiques. Ou pour le dire en termes généraux, un sol favorable à la végétation fournit aussi à la faune protozoaire des conditions de vie excellentes. Yakimoff (49) rapporte des résultats d'investigations des auteurs américains que les sols les plus fertiles contiennent le plus de protozoaires tant en nombre qu'en espèces. Novikoff (164) compare le rôle que jouent les protozoaires dans le sol normal à celui de certaines plantes peu fréquentes qui constituent un critère de

certaines qualités du sol, mais n'ont pas cependant d'influence propre sur sa fécondité.

### Influences extérieures agissant directement sur la vie des protozoaires

Dans mon domaine d'investigations, les protozoaires sont soumis à des changements fréquents, souvent brusques et extrêmes de leurs conditions de vie. Il est par conséquent intéressant de mieux connaître quelques-uns de ces facteurs déterminés.

*Humidité.* — J'ai déjà expliqué que les protozoaires séjournent dans les endroits humides et que surtout les ciliés sont très exigeants à cet égard. Les observations faites par Nicole et les miennes concordent avec les expériences de Cunningham (10). En outre, Sherman (746) signale tout spécialement que les ciliés ne sont pas actifs dans le sol si le degré d'humidité est normal et qu'à l'état trophique ils exigent un degré d'humidité bien supérieur au normal.

*Température.* — Les expériences de l'américain Cunningham que je viens de citer ont montré que pour le sol des jardins la température optimale est de 22 dg. Ce qui nous intéresse ici tout particulièrement, c'est le comportement des protozoaires aux basses températures, car de pareilles températures sont fréquentes dans mon domaine même pendant la saison chaude. D'après Reichenow (189) la température exerce une influence déterminante sur tous les processus vitaux. En général une certaine température trop basse entraîne une paralysie voire même la mort. Cette limite inférieure de la température se trouve pour certains protozoaires au-dessus de 0 dg. Si la vie est encore possible au-dessous de 0 dg., cela s'expliquerait (selon Höber) par le fait que pour les liquides en répartition capillaire le point de congélation est notablement plus bas. Ceci pourrait jouer un rôle dans le sol de même que les substances diluées dans l'eau.

Novikoff (445) travaillant dans le laboratoire des basses températures à l'Institut de biologie expérimentale de Moscou rapporte que les infusoires périssent à une température en-dessous de  $-4$  dg. (30 min.) Plongés dans la glace pendant 50 à 60 min. ils ne purent même pas survivre à une température de  $-1$  ou  $-2$  dg. La température létale pour les infusoires est donc relativement élevée. Il semble cependant qu'ils ne souffrent pas d'un

passage brusque et rapide dans des températures de  $-9$  dg, il est probablement exclu que dans leur demeure habituelle les protozoaires subissent de pareils sauts de froid. Par contre, il est probable que pendant une grande partie de l'année des températures inférieures à  $-4$  dg. existent à la superficie pour autant que la couche de neige ne fournit une certaine protection contre le froid. Il y a toutefois lieu de supposer que les protozoaires s'enkystent déjà avant qu'il ne se forme de la glace.

Des phénomènes tout à fait semblables s'observent aux hautes températures. On a cependant des raisons de croire que la limite supérieure est moins éloignée de l'optimum que la limite inférieure.

Cutler, Crump et Sandon cependant se prononcent dans le sens contraire étant parvenus au cours de leurs récents travaux à la conclusion que le nombre des protozoaires est indépendant de l'humidité, de la température et des conditions générales du sol. Ces auteurs font observer souvent que, lorsque pendant quelques jours consécutifs la température et le degré d'humidité étaient presque constants, le nombre des protozoaires variait très fortement d'un jour à l'autre pendant la même période.

*Insolation.* — L'insolation joue un rôle plus important à la montagne qu'à la plaine, car par suite de la pureté de l'air elle est beaucoup plus intense. C'est un fait bien connu que les rayons ultra-violetts de la lumière solaire peuvent être mortels à d'autres microbes. Il n'est donc pas impossible que ces rayons aient un effet semblable sur le groupe des protozoaires. La littérature ne nous fournit point d'indications concernant les effets de la lumière solaire, mais quelques essais ont été faits avec de la lumière artificielle, et c'est ce dont je vais exposer brièvement les résultats d'après l'ouvrage de Reichenow (184). Dans une goutte de culture exposée à la lumière, les protozoaires se trouvent bientôt tous réunis, soit du côté de la lumière, soit du côté de l'ombre. Les différentes espèces se comportent différemment et il existe aussi un optimum d'éclairage. (C'est là une constatation faite dans des cultures). La plupart des ciliés ne réagissent pas à la lumière ordinaire. Verworn (188) a montré que si l'extrémité antérieure des amibes *Limax* se trouve brusquement frappée par la lumière, ces amibes font de suite demi tour. Si la lumière vient de côté, les amibes se tournent du côté opposé. Les réactions aux

rayons ultra-violets de la longueur d'onde de l'ordre de  $275 \mu\mu$  sont considérablement plus fortes.

### Enkystement

Les protozoaires cherchent à se protéger par l'enkystement des influences nuisibles que je viens de mentionner. Comme déjà dit, il existe plusieurs sortes de kystes qui diffèrent suivant leur cause. Ces formes de protection qui peuvent servir aussi à la multiplication et à la conservation de l'espèce sont à distinguer nettement des formes de repos qu'on observe dans les cultures et qui ont été décrites par Arndt (21). Le passage à la forme de kyste ne se produit pas seulement dans des conditions qui nous paraissent défavorables au développement des protozoaires. Kahl (14) fait valoir que toute modification de leur demeure aqueuse qui se fait en sens contraire aux nécessités vitales de l'infusoire peut provoquer l'enkystement. L'importance des kystes d'après les recherches de Killian et Fehér est caractérisée par ces mots : En effet toutes les espèces qui ne sont pas capables de s'enkyster telles que les bactéries asporogènes diminuent rapidement en saison sèche. Nicole nous a donné des indications précieuses concernant la résistance des kystes, laquelle pour répondre au but qu'elle se propose est effectivement très grande. C'est là aussi l'avis de Thomson (337).

### Anabiose

Un enkystement ne répondrait pas au but voulu si lors de l'apparition de conditions favorables, une anabiose ne pouvait pas rappeler les kystes à la vie active. Ce qui caractérise surtout les kystes, c'est leur grande résistance à la sécheresse. C'est ce qui explique que nous pouvons obtenir un riche développement dans les cultures de poussières. En 1923, Yakimoff et Zérèn (39) ont examiné des jardins de Pétrograd et environs, et comme les auteurs le soulignent particulièrement, il s'agissait de terre fraîche, parce que les terres vieilles contiennent des espèces moins nombreuses. Les auteurs ajoutent que les protozoaires peuvent périr même à l'état de kyste, et citent comme exemple les résultats négatifs de culture d'échantillons de terre conservés pendant 12 ans. Par contre Novikoff (163) de l'Institut d'agronomie de Moscou rapporte que de la terre séchée contenait des kystes via-

bles encore après dix ans, de même des terres gelées et ensuite dégelées donnèrent des cultures fécondes. Si l'un de ces auteurs russes a trouvé de la vie protozoaire dans des terres desséchées après 10 ans, tandis que l'autre au bout de 12 ans ne put plus observer d'organismes vivants en dehors de bactéries, cela ne nous autorise en aucune façon à conclure que les kystes ne peuvent conserver leur vie latente au delà de 10 ans. Nous allons nous en convaincre tout de suite. Ainsi que je l'indiquais au début de ce travail, de Bruyn a examiné en 1921 pour la première fois quant à leur faune de protozoaires un certain nombre de terres prélevées dans les Alpes vaudoises et valaisannes, et a trouvé des ciliés jusque sur le Frilihorn. Ces terres ont été conservées à l'état stérile à l'Institut etensemencées par Nicole en 1926. Il en résulta de multiples cultures en flagellés, ciliés et amibes. Le reste de la terre demeura à l'Institut et le professeur Galli-Valerio la mit à ma disposition pour de nouveaux contrôles. Le 21 décembre 1935 j'ensemenciais 23 échantillons encore parfaitement fermés dans de l'infusion de foin stérile et je les laissais ensuite reposer à la température de la chambre. Je contrôlais ces cultures pour la première fois le 4 janvier et les trouvais presque toutes recouvertes d'une couche épaisse d'hyphomycètes que je collais à la paroi du récipient. Les contrôles donnèrent le résultat suivant. Des 23 cultures, 9 se révélèrent positives dans l'espace d'un mois à partir du jour de l'ensemencement.

Une culture contenait une espèce de chacune des trois classes, deux autres cultures contenaient deux classes et précisément une espèce de chacune d'elles ; quant aux autres elles ne contenaient qu'une seule classe et espèce, soit des flagellés ou des amibes, mais non des ciliés.

De toute façon on observe une régression aussi bien qualitative que quantitative, mais il ne faut pas oublier que ces échantillons ont été recueillis dans des conditions qui étaient déjà défavorables. De Bruyn en effet qualifie de très sec l'été en question.

## B. DISSÉMINATION DES PROTOZOAIRES

### 1. par le vent.

Comme pour leur genre de dissémination en général, on trouve dans la littérature des avis très partagés concernant la dissémination des protozoaires par le vent. Je me bornerai à

dire ici que Nicole a déjà étudié cette question à fond et a réfuté l'opinion de Puschkarew d'après laquelle l'air ne jouerait qu'un rôle minime dans la dissémination des protozoaires, mais aussi l'opinion contraire défendue par Coppa a été rectifiée.

Les observations qu'il fit aux Rochers de Naye ont amené Nicole à conclure que le vent est l'agent principal de la dissémination des protozoaires, opinion qu'il étaye de quelques exemples probants. Reichenow (343) dit que la poussière se trouvant sur les glaciers de la haute montagne et de la zone polaire peut faire surgir une faune de protozoaires abondante. Mais comment cette poussière chargée de vie pourrait-elle parvenir en ces lieux sinon par le vent ?

Il est hors de doute que certaines conditions doivent être remplies pour que les protozoaires puissent être disséminés par le vent. Ainsi un sol sec et un courant d'air sont des conditions fondamentales rendant possible ce transport aérien. J'irai même plus loin et je dirai qu'un certain rôle revient aussi au terrain lui-même. Il est certain qu'une dissémination par le vent ne s'effectue pas dans la même mesure dans un terrain à forte végétation voire même dans un terrain boisé comme dans un terrain ouvert à tous vents, sans compter qu'un sol recouvert d'une végétation abondante et à plus forte raison un sol de forêt est moins exposé à sécher. Dans un domaine comme la forêt d'Aletsch dont la plus grande partie de la superficie est couverte de toutes sortes de plantes, un courant d'air modéré ne peut pas emporter au loin aussi facilement des parcelles de terre et les kystes. Le transport dans la forêt même et hors de la forêt vers le terrain libre est probablement limité, vu que les nombreuses plantes font fonction de filtre. L'air de la forêt est en général beaucoup plus pur que l'air au-dessus du terrain libre. Le transport en sens contraire, c'est-à-dire du terrain libre vers l'intérieur de la forêt, est probablement plus facile car le vent passe au-dessus des arbres qui retiennent la poussière et les kystes qui finissent par parvenir dans le sol. Que le vent soufflant en sens vertical de bas en haut soit l'agent principal de dissémination c'est là un fait incontestable.

Sur le conseil du professeur Galli-Valerio, j'ai recueilli aussi quelques échantillons d'air. Pour cela, je stérilisais les Erlenmeyer de 25 cm<sup>3</sup> remplis à moitié d'infusion de foin et les exposais



ouverts à des endroits différents pendant des laps de temps variables.

De dix échantillons, cinq proviennent de la forêt d'Aletsch et cinq du terrain libre. Ces derniers ont été recueillis aux endroits suivants, sous les conditions que voici.

N° 1 : Sur le Bettmerhorn au-dessus de la paroi verticale environ 2750 m. Exposé sur un rocher pendant une heure. Beau temps, vent léger. — Résultat : flagellés et ciliés.

N° 2 : A la lisière de la forêt au-dessus d'Ober-Ried. Exposé le soir sur un rocher peu élevé. Le lendemain pluie, le surlendemain très beau temps. Enlevé le troisième matin. — Résultat : flagellés et ciliés (trois fournis dans l'infusion).

N° 3 : Dans un pré à Ried-Mörel, 50 cm. au-dessus du sol. Mêmes conditions que pour N° 2. — Résultat : flagellés.

N° 4 : Dans un pré à l'est de Viège. Exposition une heure. — Résultat : négatif.

N° 5 : Au centre du village de Viège, à côté d'une maison, exposition : 1 heure. — Résultat : ciliés.

Les autres flacons ont été exposés dans différentes parties de la forêt d'Aletsch, l'après-midi du deuxième beau jour après la pluie (comme N° 1). Exposition pendant 1 à 3 heures à l'air légèrement agité. Deux flacons ont été exposés à deux reprises à la même place. Dans deux autres flacons, j'ai trouvé des insectes, mais dans aucun les protozoaires ne se sont développés. Le fait que le N° 1 après une exposition d'une heure à une altitude considérable accusait la présence de flagellés et de ciliés, tandis que les échantillons provenant le même jour de la forêt restèrent négatifs, confirme mon opinion d'après laquelle la dissémination des protozoaires dépend, du moins au point de vue quantitatif, fortement du terrain et que la forêt surtout constitue un grand obstacle à la dissémination des protozoaires par le vent. N° 2 et N° 3 ont probablement joui des conditions les plus favorables, car il se pourrait que des gouttes de pluie charriant toute sorte d'impuretés de l'air soient tombées dans les Erlenmeyer.

## 2. par l'eau de surface.

La dissémination des protozoaires par les courants d'eau de surface est certainement appréciable. Différents échantillons prélevés dans des mousses arrosées donnèrent en effet d'abondantes cultures. Lors de la prise des échantillons, je n'ai pas négligé non plus l'eau filtrante.

Ainsi, j'ai prélevé, après la pluie, en plusieurs endroits de l'eau filtrante de façon à être certain de n'examiner que de l'eau ayant traversé une couche de terre d'au moins 15 centimètres. Après avoir en vain opéré avec des tubes de verre spécialement préparés, j'ai profité de la position naturelle du terrain en certains endroits particulièrement indiqués. A un moment où l'eau de pluie se répandait abondamment sur les endroits d'ordinaire secs, je laissais tomber l'eau par goutte directement dans les Erlenmeyer remplis d'infusion de foin et placés sous des mottes d'herbe débordant des rochers. Des trois échantillons ainsi prélevés, pas un seul ne révélait les moindres protozoaires, tandis que l'infusion stérile s'était fortement troublée au bout de très peu de temps. Lors de l'examen, les préparations contenaient une masse de bactéries. Il s'en suit que certains sols opposent au passage des protozoaires et de leurs kystes plus de résistance qu'aux bactéries. L'eau filtrante comme telle ne semble donc pas contribuer beaucoup à la dissémination des protozoaires.

Une culture additionnée d'eau du Lac de Bret prise au robinet resta négative.

Des recherches faites dans une eau potable puisée à la Riederalp dans un réservoir insuffisamment couvert restèrent négatives (cult. 107).

Concernant les autres modes de dissémination par les animaux et même par les hommes, Nicole a fait des recherches approfondies qui l'ont amené à conclure que ces modes ne jouent qu'un rôle secondaire. Ceci s'applique probablement d'autant plus à notre domaine dans son état actuel où l'accès des hommes est interdit et où les animaux sont peu fréquents.

## A N N E X E

---

### Observations sur les nématodes

Il est certainement intéressant, maintenant qu'il existe des travaux concernant les domaines spéciaux de la flore et de la faune de la réserve d'Aletsch, d'en dégager dans une nouvelle édition une image d'ensemble. Francé en tant que représentant de la vieille école a donné l'exemple à cet égard. Il considère tous ces êtres vivants en interdépendance dans le sol comme une communauté sous le nom d'« Edaphon ». Il expose comme suit leur rapport réciproque (Doflein 364) : les bactéries et les champignons du sol fournissent l'azote aux algues édaphiques lesquelles à leur tour servent ensemble avec les précédents de nourriture aux rhizopodes et en partie aussi aux rotateurs et aux nématodes. Ces derniers servent de nourriture aux amibes, aux Myriapodes et aux Tartigrades. Mais le microédaphon tout entier est à son tour mangé par les vers de terre, lesquels, d'autre part, lui sont à leur tour utiles. Il y a donc des rapports d'interdépendance étroits qui font qu'un membre de la communauté vit par l'autre.

Dans cet esprit, j'ai essayé de comparer la faune des nématodes à celle des protozoaires. Je voudrais faire observer d'emblée qu'il ne s'agit pas d'une exploration complète concernant les vers microscopiques.

Les chiffres indiqués ne sont pas de valeur absolue mais seulement relative, résultant de nombreuses analyses faites toutes avec la même technique. Ces chiffres peuvent cependant servir utilement au but que je me propose.

### Classification

J'ai été obligé de négliger la détermination qualitative plus encore que la détermination quantitative, par le fait qu'elle exige beaucoup de temps et aussi des études spéciales préalables. Micoletzky (111) cite en 1921 63 genres avec 512 espèces de nématodes terricoles et d'eau douce. Ces chiffres qui se sont pro-

bablement accrus depuis 15 ans donnent une idée de la difficulté de la détermination. Comme il existe toujours de nombreuses formes de jeunesse, celles-ci n'entrent pas en ligne de compte pour la classification. C'est pourquoi je n'ai indiqué autant que possible que les genres reconnus avec certitude.

Se basant sur les travaux de De Man et aussi sur des considérations anatomiques concernant la structure de la cavité buccale, Marcinowsky en 1906 s'attacha à démontrer les rapports de parenté entre les différentes formes. Micoletzky dans sa systématique se tient à ces études et tout en tenant largement compte de l'œsophage, se base sur la cavité buccale des Rhabditis pour ses déterminations.

Par 3 développements différents, cette cavité buccale simple conduit à 5 grands groupes de genres lesquels forment autant de familles. La cavité buccale des Rhabditis va d'un prisme net à 3 faces jusqu'à la forme tubulaire.

La réduction de cette cavité buccale conduit aux familles :

1. Trilobidae.
2. Alaimidae.

Par la formation de dents aux angles intérieurs de la cavité buccale, théoriquement hexagonale, la voie du développement passe par les

3. Rhabditidae.
- aux 4. Odontopharyngidae.

Par la réunion des baguettes buccales en un aiguillon percé et souvent noué se forment les genres à aiguillon des

5. Tylenchidae.

Il est évident qu'on doit avoir recours pour la détermination systématique à toutes les autres différences morphologiques.

Dans le terrain examiné ont pu être constatés de façon certaine 11 genres qui se répartissent comme suit sur les différentes familles.

TABLEAU IX

1. Trilobidae :	Genre Monohystera
2. Alaimidae :	» Alaimus, Tripyla, Aphanolaimus
3. Rhabditidae :	» Plectus, Cephalobus, Bunonema
4. Odontopharyngidae :	» Mononchus
5. Tylenchidae :	» Dorylaimus, Tylenchus, Tylenchorhynchus

## Répartition des genres trouvés

Quant à la dissémination de ces genres, je relève du travail de Micoletzky ce qui suit.

*Monohystera* est aussi bien marin que non marin (165). *Alaimus* (165) demeure dans la terre humide et a été trouvé par Menzel dans les couches de végétation des hautes Alpes (2830 m.). *Tripyla* (149) est un nématode se trouvant aussi bien dans la terre que dans l'eau. *Aphanolaimus* (145) : il pourrait s'agir ici de l'espèce *Aphanolaimus attentus* De Man, aussi bien d'après sa morphologie que d'après sa dissémination, étant donné que les 8 autres espèces de ce genre sont toutes des formes d'eau douce. La forme terricole a été découverte par De Man en Hollande dans des prés. En Suisse le même auteur l'a trouvé à Schönegg sur le lac des Quatre Cantons et Steiner dans les environs de Zurich. Micoletzky par contre ne l'a trouvé que dans l'humus des forêts et la range parmi les espèces caractéristiques des terrains à éricacées et s'étonne de leur présence dans des terrains aussi différents. *Plectus* (210) est aussi surtout terricole, et se trouve parfois dans l'eau douce, mais rarement sous forme saprobe. *Cephalobus* (267) se trouve surtout sous forme terricole quelquefois dans l'eau douce, mais jamais en parasite. *Bunonema* préfère le sol riche en humus et dans la forêt les racines d'épicéa. De Man (16) indique comme répartition de *Bunonema Richtersi* Jegerskiöld entre autres les environs de Bâle (Heinis) et le lac de Lussy, canton de Fribourg (Stefanski). Selon Cobb cette forme se nourrit du mycélium de champignons. *Mononchus* est une forme rapace cosmopolite. Cobb est d'avis (335) que son importance pour la conservation de l'équilibre biologique du sol est semblable à celle des destructeurs d'insectes sur et au-dessus du sol.

*Dorylaimus* appartient à la catégorie la plus répandue des nématodes terricoles. *Tylenchus* (542) a des limites de vie très larges. Il est polyphage et représente la forme de transition vers le parasitisme véritable. *Tylenchorhynchus* (607) est terricole et se trouve rarement aussi dans l'eau douce.

Ces genres, à l'exception de *Tylenchus* et *Aphanolaimus*, ont été trouvés par Burkharter (30-53) à côté d'autres formes aux Rochers de Naye. *Tylenchus* fut trouvé par Menzel (40) sur les Diablons en Valais à l'altitude de 3605 m. Comme déjà dit De

Man et Steiner ont trouvé la seule forme terricole d'*Aphanolaimus* et de *Tylenchorhynchus* en Suisse. Tous ces genres à l'exception d'*Aphanolaimus* et de *Tylenchorhynchus* ont été trouvés par Menzel lors de ses investigations dans les Grisons et les autres parties des Alpes.

On peut admettre qu'un grand nombre d'autres espèces habitent le sol de la forêt d'Aletsch.

### Conditions de vie des nématodes

L'importance des nématodes réside sans doute en ceci qu'ils contribuent à la formation du sol. Il y a bien en outre des indications qu'un grand nombre d'espèces sont carnivores (Menzel 183) leur nourriture consistant principalement en animaux de la microfaune, tels que Protozoaires, Rotateurs, Tardigrades, et surtout en animaux de leur propre espèce. Seidenschwarz (28) rapporte au chapitre sur la nourriture quelques observations intéressantes à cet égard accompagnées d'illustrations.

Cobb attribue à ce fait des importances spéciales parce que, d'après ses constatations, il peut arriver qu'une espèce rapace de ce genre se nourrisse presque exclusivement des parasites de plante. Menzel (183) a d'ailleurs confirmé cette observation.

D'autre part cependant, les nématodes dépendent aussi bien que les protozoaires, quant à leur existence, dans une large mesure des conditions existant dans le sol. La transition de la forme trophique à la forme enkystée et vice-versa a lieu de façon semblable à celle des protozoaires. Dans quelques cas, toutefois, ils semblent être plus résistants. Je ne citerai qu'un seul des nombreux exemples que Menzel (83) nous donne dans un chapitre spécial. Needham qui découvrit le *Tylenchus tritici* aurait donné en 1744 quelques spécimens de larves à Baker qui les humecta avec de l'eau 27 années après et trouva que les animaux étaient encore en vie. Un des principaux facteurs déterminant la faune des nématodes est l'humidité. En tout cas, le terrain de séjour doit avoir une certaine teneur en eau pour que la vie active y soit possible. Cependant Micoletzky (26) est d'avis que des sols très ensoleillés ne doivent pas être sensiblement plus pauvres en nématodes, que des sols peu ou pas ensoleillés. Il constata aussi que les prés secs étaient en moyenne plus riches que les prés humides. Par contre, il n'accorde à l'humus ombragé de la forêt à

végétation rare, qu'une fréquence « moyenne » voire « petite » de nématodes. Ces observations ont été entièrement confirmées par mes résultats comme nous verrons plus tard.

Par contre cet auteur est de l'avis que la température entre des limites extrêmes ne joue pas un rôle important pour la fréquence des nématodes. Comme preuve, il rapporte que le sol frais de la région des sommets alpins contenant des racines en abondance, contient « un nombre excessivement grand » de nématodes.

J'ai fait la même constatation lors de l'examen de terre prélevée au point le plus élevé.

De hautes températures pourraient à vrai dire être plus dangereuses. Maupas aurait en effet constaté qu'il existe une sorte d'estivage analogue à l'hivernage des animaux.

En général, mes expériences propres m'ont appris que les nématodes ne séjournent que dans les zones superficielles et diminuent avec la profondeur, fait qui pourrait être en corrélation avec la teneur en oxygène et la flore des racines.

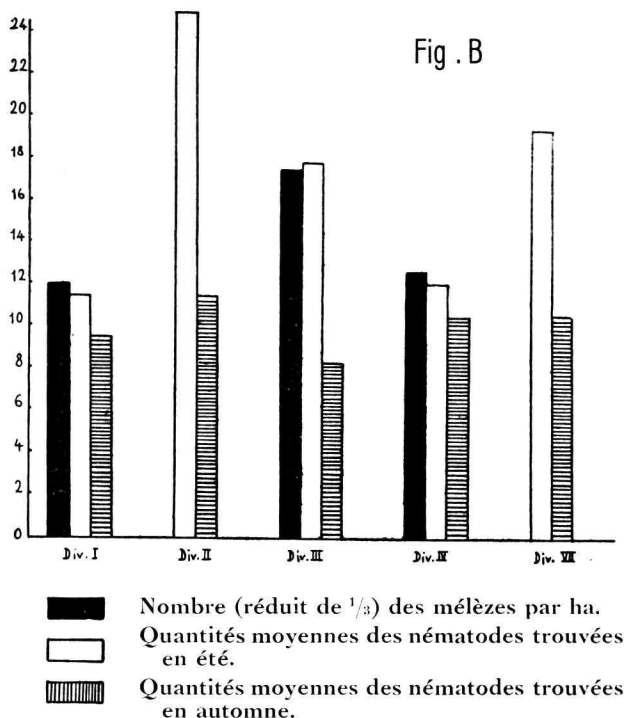
Menzel (80) conteste que les nématodes dépendent de la nature du sol, il considère surtout comme exclu qu'ils puissent dépendre de l'altitude. Mes investigations ont fait naître en moi la conviction contraire. Micoletzky non plus ne partage pas en tous points l'opinion de Menzel, et persiste à admettre une dépendance de l'altitude et de la composition chimicominéralogique du sol, opinion qu'il étaye par les résultats de ses investigations.

Par contre Menzel, s'appuyant sur les résultats obtenus avec de la terre prélevée à 3000 jusqu'à 3251 m. d'altitude, est d'avis que le nombre d'individus est à peu près constant partout, tandis que le nombre d'espèces diminue à mesure qu'on s'élève. Ceci me fait penser qu'il pourrait s'agir ici comme chez les protozoaires d'une sélection mécanique opérée par le vent, dans ce sens que seules les formes les plus légères peuvent atteindre l'altitude en question.

### Rapport entre les nématodes et certaines espèces de plantes

Menzel conteste qu'il y ait des rapports entre la présence des nématodes et celle de certaines espèces végétales. Diem (85) arrive aussi au résultat que la flore n'exerce pas d'influences notables

MOYENNES DU NOMBRE DES NÉMATODES DANS LES DIFFÉRENTS  
SECTEURS ET DENSITÉ DES MÉLÈZES



sur la faune des nématodes, sinon par la formation d'abondantes racines. A ce propos, je voudrais citer deux de mes propres observations.

Dans la terre 93, je n'ai trouvé de formes toutes jeunes qu'à la surface de trois oignons de crocus contenus dans cette terre. Dans le voisinage immédiat je ne pus pas en découvrir un seul individu, quoique cette terre contenait des racines d'herbe. Malheureusement je ne pus déterminer ni le genre, ni l'espèce. Cet exemple unique ne peut évidemment pas démontrer qu'il y ait préférence pour certaines espèces végétales déterminées, mais il n'est pas impossible que quelques formes de nématodes préfèrent les oignons aux racines.

Un intérêt particulier pourrait s'attacher au cas illustré par la figure B qui montre nettement un parallélisme entre la densité



des nématodes et le nombre de mélèzes par ha. La figure B donne un aperçu de valeur moyenne des nématodes dénombrés dans 20 préparations provenant de différents secteurs en été et en automne. A côté des colonnes des secteurs à mélèzes figurent d'autres colonnes indiquant le nombre réduit d'un tiers des mélèzes par ha. La hauteur des colonnes indiquant les nématodes est toujours sensiblement égale à celle se référant aux mélèzes. Une pareille égalité ne se trouve pas pour des essences autres que les mélèzes. On pourrait être tenté d'en conclure que les nématodes préfèrent se nourrir de racines de mélèzes. Mais les mélèzes ont de leur côté une préférence marquée pour un certain genre de terrain et la raison du parallélisme constaté me semble devoir être recherchée plutôt dans une préférence commune aux mélèzes et aux nématodes pour des conditions de terrain écologiques égales. Hess (93) écrit à cet égard du mélèze : tandis que le mélèze fuit plutôt l'humidité de l'air et du sol l'arole la recherche. Ainsi que nous verrons plus loin, les nématodes préfèrent en effet un terrain de cette nature. Je dois à l'amabilité de M. Combe, expert forestier, le renseignement que le mélèze a la particularité de ne se répartir sur une superficie donnée qu'en une faible densité, ce qui a pour effet de ménager au sol beaucoup de soleil et de lumière. Il y a là une confirmation de mes constatations ultérieures et d'ailleurs Micoletzky s'est déjà prononcé dans ce sens.

### Dissémination des nématodes

Pour ce qui est de la dissémination des nématodes, il est probable que les conditions sont semblables à celles des protozoaires, et que le vent joue le rôle le plus important. A ceci s'ajoute à vrai dire la propagation active à laquelle Menzel n'attribue, contrairement à l'opinion de Zschokke, qu'une petite importance. Par suite de nombreuses interruptions de la couche d'humus comme elle existe dans mon domaine d'investigations, une migration active pourrait à vrai dire rencontrer de fréquents obstacles.

Nous pouvons conclure que dans le domaine des recherches, les conditions d'existence des nématodes sont en général sensiblement égales à celles des protozoaires et que le nombre des espèces est limité.

## Densité des nématodes aux diverses altitudes et dans les différents sols en été et en automne

(Pour comparaisons, voir l'exposé concernant les protozoaires)

Si nous considérons les courbes de la figure A, ce qui nous frappe avant tout dans la situation générale, c'est que la ligne de densité est partout plus élevée en été qu'en automne. De plus, les différences que la ligne d'été accusent entre une altitude et une autre, entre un sol et un autre, sont beaucoup plus importantes que celles de la ligne de l'automne. Selon Burkhalter (18), la courbe de l'année concernant la communauté des nématodes atteint son maximum en juillet, après quoi elle descend lentement jusqu'en décembre. Dans les mois qui suivent, la descente est plus forte et atteint le minimum au mois de mai. Seidenschwarz, à l'instar de Burkhalter, a déterminé le cycle annuaire d'un pâturage dans la montagne du Karwendel au Tyrol à une altitude de 1840 m., en examinant chaque mois minutieusement un échantillon de terre prélevé au même endroit. Les points culminants et de dépression de la courbe qu'il a ainsi établie s'écartent quelque peu de ceux de Burkhalter. Son maximum est atteint au mois d'août (320 individus par 10 cm<sup>3</sup> de terre). Jusqu'au mois de septembre, la courbe descend rapidement à 122 individus pour atteindre, avec 23 individus, le minimum déjà en novembre. Burkhalter a cherché à expliquer cette différence par l'altitude et les conditions climatiques. Le petit segment de la courbe de mes résultats de la forêt d'Aletsch concorde plutôt avec les données de Seidenschwarz. Chez ce dernier le nombre passe de 275 en juillet à 122 en septembre. (Le maximum se trouve entre ces 2 époques), c'est à dire en-dessous de la moitié ; mes résultats donnèrent une moyenne de 18 individus en juillet et de 10 en septembre (calculé non pas sur 10 cm<sup>3</sup> de terre, mais sur 20 préparations à frais). La faune des nématodes montre donc dans la forêt d'Aletsch une régression brusque vers l'automne, tandis que Burkhalter dont le domaine d'investigation était à peu près à la même altitude que le mien, n'indique qu'une régression lente de la courbe. L'altitude par elle-même ne semble donc pas être la cause déterminante. Par contre, les raisons de cette différence doivent être cherchées sans doute dans la différence du terrain, ainsi que j'en ai indiqué. En effet, le massif des Rochers de Naye appar-

tient à un domaine géologique différent et sa partie supérieure étudiée par Burkhalter consiste principalement en rochers calcaires à végétation très pauvre.

Il est possible que la composition chimique du rocher n'ait qu'une faible influence directe sur la faune des nématodes, mais en tout cas l'influence indirecte me paraît être très grande car elle détermine une végétation différente, comme nous pouvons le constater dans le cas qui nous occupe. Il y a aussi lieu de supposer que les facteurs cités ne déterminent pas seulement la composition qualitative et quantitative momentanée de la faune des nématodes mais aussi la durée d'une communauté déterminée. Que les conditions climatiques pourraient jouer un rôle me semble ressortir du fait que la régression la plus brusque se montre dans la division II qui est non boisée et en tant que zone la plus élevée se trouve le plus fortement exposée aux variations du climat. Au mois de septembre je pus constater à plusieurs reprises au matin, la formation de glace. Seidenschwarz aussi signale au mois de septembre, les premiers gels nocturnes. La différence minima se trouve dans le secteur IV et représente  $1/8$  de celle du secteur II. Il s'agit donc d'un phénomène semblable à celui que nous avons constaté pour les protozoaires.

Etudions maintenant comme nous l'avons fait chez les protozoaires, les maxima et les minima. En été, les maxima se trouvent dans le secteur II (le maximum du secteur V ayant été vérifié sur le seul échantillon que je possède, n'a donc pas une grande valeur), dans la zone la plus élevée, dans le pâturage et sur l'Eggishorn. Ce sont donc les altitudes de plus de 2100 m. qui hébergent le plus de nématodes et le maximum est atteint sur l'Eggishorn à 2934 m. Il y a là une confirmation nette de l'opinion citée plus haut de Micoletzky d'après laquelle les prés secs et ensoleillés peuvent être très riches en nématodes et aussi que le sol qui dans les régions des sommets alpins est particulièrement frais peut contenir grâce à la richesse en racines des nématodes « extrêmement nombreux ». En partie se trouve confirmée aussi l'opinion de Menzel d'après laquelle le nombre d'individus reste constant aux différentes altitudes, tandis que le nombre d'espèces diminue avec l'altitude. En outre, le même auteur écrit dans le résumé de son travail (92) qu'il n'existe pas de limite d'altitude supérieure pour les nématodes, et qu'ils peuvent monter avec les plantes jusqu'au-delà de 4000 m. Diem (173)

est convaincu que la faune du sol dépend dans des mesures très différentes de l'altitude de l'endroit. D'après ses constatations, les nématodes et d'autres petits organismes peuvent trouver des conditions favorables de vie jusqu'à la limite supérieure de la région subnivale (2700 m.) et s'y trouvent en grandes masses, tandis que d'autres êtres souffrent fortement des conditions climatiques à cette altitude. Selon lui, la faune terrestre aux grandes altitudes n'est souvent pas moins nombreuse mais bien, beaucoup plus uniforme que dans les régions subalpines et inférieures.

À la différence des protozoaires, les nématodes n'atteignent pas de maximum dans la forêt où leur densité ne peut être qualifiée que de « moyenne » ou « faible ».

Ce fait me semble être en rapport avec l'aération de la couche superficielle du sol, aération qui dans la forêt est généralement défectueuse par suite des débris végétaux jonchant le sol. Il est vrai que la teneur d'air dans la couche supérieure du sol de la forêt est selon Burger (210) plus grande que celle du sol des prés et le poids du même volume des sols de la forêt plus petit. Mais il ne s'en suit pas que l'aération et l'adduction d'oxygène soient également plus grandes ce qui ressort déjà du fait que le sol de la forêt accuse une acidité due précisément à la décomposition incomplète par suite de l'adduction insuffisante d'oxygène.

Conclusion : L'aération du sol et la nourriture favorisent le peuplement en nématodes.

Si nous examinons en automne les zones qui ont donné les maxima en été, nous verrons que ces maxima ne se sont maintenus que sur le pâturage et le Bettmerhorn quoique ces deux endroits accusent une forte régression. Dans la division II, la régression est encore plus forte (elle est comme il ressort du tableau V, moins 13), que dans le pâturage où elle n'est que moins 9.

Si ce fait doit être attribué aux gels nocturnes dont j'ai déjà parlé plus haut et qui sont certainement déterminants dans le secteur II non boisé et plus élevé, c'est là une question que je dois laisser ouverte. En tout cas, les différences les plus grandes s'observent dans les divisions non boisées et plus élevées, ainsi qu'il ressort du tableau V. La différence est relativement grande dans la forêt, ce qui ne doit pas étonner puisque j'ai déjà exposé que le sol de la forêt ne représente pas une demeure très favorable.

Les différences les plus petites s'observent dans les zones basses (div. I, IV, zone b), dans lesquelles la raison pourrait cependant être celle que ces zones accusaient un minimum déjà en été. Cependant un climat doux pourrait empêcher une plus grande diminution de la faune des nématodes.

Le fait qu'on trouve le maximum encore sur le Bettmerhorn n'infirme pas du tout cette opinion, car si nous admettons pour le Bettmerhorn (examiné seulement en automne), un nombre égal en été à celui de l'Eggishorn, nous voyons que le Bettmerhorn accuse la plus forte diminution en automne et c'est là ce qui importe et qui vient à l'appui de mon opinion d'après laquelle le froid détruit de nombreuses formes et le manque de nourriture empêche le développement.

Conclusion : la régression est la plus forte dans les zones non boisées et élevées. La forêt protège la population des nématodes moins que celle des protozoaires.

Des minima remarquables de la population des nématodes se notent dans les secteurs I, IV et b. C'est là une inversion complète de ce que je viens de dire concernant les maxima et en constitue donc la confirmation.

Que les minima d'automne tombent dans les secteurs I et b, ce fait n'est pas en contradiction avec l'opinion que les zones basses ont un peuplement relativement fort à l'approche de l'hiver car les secteurs I et b n'accusent que de très petites régressions et atteignent maintenant le minimum parce que leur densité d'été était déjà la plus basse.

Ces données donnent l'impression que c'est le manque de soleil soit directement par le manque de chaleur, soit indirectement par la diminution de la nourriture disponible qui entrave le développement des nématodes. En effet, ces zones basses sur le versant nord-ouest sont moins ensoleillées. Je voudrais rappeler à ce propos ce que j'ai dit plus haut concernant une sorte d'inversion de la spécificité végétale et animale produite dans ces régions par le voisinage des masses glacières. Ce qui semble trouver une confirmation dans le minimum caractéristique d'automne.

Conclusion : la sécheresse, due aux précipitations insuffisantes, maintient bas le nombre des nématodes en été et dans les zones basses. Peut-être qu'ici aussi les disponibilités d'aliments

jouent un rôle. On ne peut pas affirmer que la population des nématodes préfère en automne les zones basses et que la forêt soit particulièrement riche en nématodes.

Jetons un coup d'œil sur la densité des nématodes dans les différentes altitudes. La ligne d'été (voir figure A), montre une progression assez régulière du nombre d'individus à mesure qu'on s'élève, dans ce sens que l'augmentation est d'autant plus forte que le terrain est plus élevé. La ligne d'automne a un parcours presque semblable, quoique en mesure réduite et atteint le maximum à la plus forte altitude.

Conclusion : le nombre d'individus augmente avec l'altitude en été aussi bien qu'en automne. Une diminution du nombre des espèces n'a pu être constatée. L'augmentation de l'altitude jusqu'à 3000 m. n'oppose pas une barrière aux nématodes et ne cause donc pas une diminution de leur nombre.

Du tableau V on relève facilement que dans tous les secteurs, terrains et altitudes, il s'est produit, en septembre, une diminution quantitative par rapport à la période juin-juillet. Cette diminution est la véritable mesure de l'influence des divers facteurs. Dans les valeurs moyennes, elle va de  $1/12$  jusqu'au-delà de  $1/2$ .

Dans un sable presque pur mais humide recouvert d'une mince couche de mousse, j'ai trouvé à l'Eggishorn le grand nombre de 58 individus qui représente en même temps le maximum de tous les résultats. L'échantillon 81 provient d'un chemin sablonneux à végétation rare, cet échantillon contient 9 individus en été, et 4 en automne. Sur du bois isolé en état de décomposition dans des troncs d'arbres creux où déjà la végétation séjourne, j'ai trouvé 0 à 27 individus (échantill. 56, 69, 89).

Les échantillons 28, 56, 57 et 65 ne contiennent pas de nématodes. Pour les échantillons 28 et 65, c'est peut-être l'effet d'un manque de soleil ; le second de ces échantillons est exempt d'infection active et en outre tout à fait sec.

*Remarques.* — Pour la question de savoir si lors de la mue l'espèce *Dorylaimus* rejette l'aiguillon (Menzel 81), Bütschli et De Man ont répandu négativement, Menzel, Lustow et Koffmann par contre affirmativement.

J'ai eu à plusieurs reprises l'occasion lors d'observations contrôlées par le professeur Galli-Valerio de constater que l'aiguillon était rejeté en même temps que l'enveloppe extérieure.

## Autres observations

Le monde des autres petits organismes et micro-organismes dans mon domaine d'investigation n'a rien de particulier, sinon peut-être que les blastomycètes y sont moins nombreux qu'aux Rochers de Naye. J'ajouterai encore que des échantillons d'eau recueillis prudemment à la surface de petits lacs se sont tous révélés exempts de protozoaires.

Indépendamment des bactéries et des hyphomycètes qui se trouvent presque dans chaque sol, d'autres organismes ont été trouvés dans la terre dans l'ordre suivant quant à leur fréquence : Diatomées et d'autres algues, Blastomycètes, Oligochètes, Lombricides, Tiroglyphes, Rotateurs, Acariens, larves de Diptères.

Si déjà la présence des diatomées était un fait très remarquable, le professeur Galli-Valerio était étonné de la présence fréquente d'Oligochètes à soies. Je voudrais citer ici des observations de Diem (175) qui estime que la faune superficielle des Alpes consiste principalement en Oligochètes, Myriapodes et larves d'insectes. Bähler (829) a trouvé aussi des Oligochètes dans un secteur situé au Faulberg (2847 m.), dans les racines d'herbe se trouvant près des rochers.

---

## Conclusions générales

### I. Répartition

#### a) *Constatations générales :*

1) Les protozoaires et les nématodes se trouvent répandus sur toute l'étendue de mon domaine d'investigation.

2) Les protozoaires et les nématodes dépendent certainement de facteurs extérieurs, parmi lesquels l'humidité et l'aération du sol, de même que la nourriture, sont les principaux, tandis que certains facteurs physico-chimiques jouent un rôle encore mal défini.

#### b) *Répartition quantitative*

1) Dans la période estivale, la densité des protozoaires et des nématodes dans le sol est en général beaucoup plus grande

qu'en automne, sauf toutefois pour les ciliés, où le rapport est inverse.

2) La communauté des protozoaires et celle des nématodes subit en général des oscillations quantitatives moins importantes d'un secteur à l'autre pendant l'arrière-saison, que pendant la saison estivale, observations valables tout particulièrement pour les nématodes. Les oscillations sont d'autre part plus grandes dans les terrains généralement découverts.

3) Les maxima estivaux des protozoaires s'observent dans les secteurs autres que les maxima d'automne, et dans les deux saisons ne se vérifient pas dans les secteurs où les nématodes atteignent leur maximum.

4) Les conditions de toute nature existant dans les différents secteurs n'influent pas dans la même mesure sur les protozoaires et sur les nématodes.

5) Tandis que les protozoaires préfèrent le sol des forêts (acide) et les régions humides en général, les nématodes préfèrent par contre les terrains découverts à sol bien aéré. Ce sont apparemment les ciliés qui demandent, pour pouvoir vivre sous forme active, la plus grande teneur d'eau dans le sol.

6) Le nombre des nématodes augmente progressivement avec l'altitude, tandis que celui des protozoaires au contraire diminue. Ce phénomène semble devoir être attribué à la nature des terrains en question (voir 5). De même un rapport apparent entre la densité des nématodes et une espèce de plante déterminée pourrait être dû à la nature caractéristique du terrain où pousse la dite plante.

### c) Répartition qualitative

1) Les flagellés sont les plus répandus et montrent aussi en général la plus grande densité.

2) On n'observe pas de grandes formes de protozoaires.

3) La faune protozoaire de la forêt d'Aletsch ressemble singulièrement à celle du Sahara et des hauts plateaux algériens avec laquelle elle a des analogies frappantes.

4) Toutes les espèces de nématodes trouvées ont déjà été observées dans d'autres régions de la Suisse.



## II. Dissémination

1) Le vent est le principal agent de propagation des kystes de protozoaires et de nématodes. La nature du terrain peut, soit favoriser, soit entraver cette propagation.

2) Les eaux filtrantes déposent sans doute les protozoaires déjà dans les couches supérieures du sol.

## III. Anabiose

Des échantillons de terre contenant des protozoaires donnent encore, après 15 ans de conservation stérile et dessèchement complet, des cultures abondantes de flagellés, ciliés et amibes.

## IV. Cultures

1) Des Erlenmeyer de 25 cm<sup>3</sup> de contenance sont tout indiqués comme récipients pour milieu de culture.

2) L'infusion de foin fraîche, dont l'acidité n'est généralement pas petite, garde si elle est conservée à l'état stérile son pH ou tend plutôt à s'acidifier.

Dès qu'il se produit un développement important de bactéries ou de protozoaires, le pH monte et passe de l'acidité au domaine « légèrement alcalin ».

3) On note souvent dans les cultures une oscillation quantitative nette, comportant des phénomènes qualitatifs, oscillations en rapport, du moins partiellement, avec le pH.

---

## Index bibliographique

### a) Partie générale

1. BURGER H. : *Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden.* — Mitt. der schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen 1922 ; Bd. 13, Heft 1. ; S. 4-221.
2. HESS E. : *La forêt d'Aletsch, monument naturel.* — Bull. de la Murithienne, Soc. valais. des sc. nat. 1933-34 ; fasc. 51.
3. HUGI E. : *Das Aarmassij.* — Guide géologique de la Suisse, 1934 ; fasc. II. ; S. 130.
4. HUTTENLOCHER H. : *Excursion No 29, Brig-Oberaletschgletscher-Gr. Altschgletscher-Riederalp-Mörel (Brig).* — Guide géologique de la Suisse, 1934 ; fasc. VII. ; S. 490.
5. MAURER J., BILLWILLER R. und HESS C. : *Das Klima der Schweiz.* 1909-10, p. 215-233 ; Frauenfeld.
6. SCHROETER C. : *Der Aletschwald.* — Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen. 1916 ; 67. Jahrg. ; No 5-6 ; S. 127.

### b) Protozoaires

7. ALLISON R. V. : *As note on the protozoan fauna of the soils of the United States.* — Bull. Inst. Past. 1925 ; t. 23 ; p. 304.
8. ARNDT A. : *Rhizopodenstudien. I.* — Arch. f. Protistenk. 1934 ; Bd. 49 ; S. 21.
9. BRONN'S H. G. : *Klassen und Ordnungen des Tierreichs. (Bütschli O.)* Bd. 1 ; Abt. II Mastigophora ; Abt. III. Infusoria ; Leipzig und Heidelberg 1887-1889.
10. BRUYN de, W. K. H. F. : *Ueber die Verbreitung von Boden-protocoen in den Alpen.* — Centralbl. f. Bakt. 1922 ; Abt. II. ; Bd. 56 ; S. 12.
11. CAUDA A. und SANGIORGI G. : *Untersuchungen über die Mikrofauna der Böden aus Reisgegenden.* — Centralb. f. Bakt. 1915 ; Abt. II. ; Bd 42, S. 393.
12. COPPA A. : *Recherches sur les protozoaires des eaux de la rivière Tessin (Italie) et des terrains arrosés par elle.* — Bull. mens. des renseign. agricoles et des maladies des plantes. 1921 ; No 2 ; p. 1467.
13. CUNNINGHAM A. and LOEHNIS F. : *The growth of protozoa on various media and the effect of heat on active and encysted forms.* — Centralb. f. Bakt. 1913 ; Abt. II. ; Bd. 39 ; p. 596.
14. CUNNINGHAM A. : *Studies on soil protozoa, II Some of the activities of protozoa.* — Centralb. f. Bakt. 1915 ; Abt. II ; Bd. 42 ; p. 8.
15. CUTLER D. W., CRUMP L. M. and SANDON H. : *\* A quantitative investigation of the bacterian and protozoan population of the soil with an account of the protozoan fauna.* — Bull. Inst. Past. 1923 ; t. 21 ; p. 719.

16. DARBY H. H. : *The effect of the hydrogen ion concentration on the sequence of protozoan forms.* Arch. f. Protistenk 1929 ; Bd. 65 ; p. 1-37.
17. DAWSON J. A. : \* *A comparison of the « Life cycle » of certain ciliates.* — Bull. Inst. Past. 1929 ; t. 27 ; p. 731.
18. DOFLEIN F. (Neubearbeitung von E. Reichenow.) : *Lehrbuch der Protozoenkunde. Eine Darstellung der Naturgeschichte der Protozoen mit besonderer Berücksichtigung der parasitischen und pathogenen Formen.* 1929, 5. Aufl. Jena.
19. EFIMOFF W. W. : *Ueber Ausfrieren und Ueberkältung der Protozoen* Arch. f. Protistenk. 1924 ; Bd. 49 ; p. 433.
20. FANTHAM H. B. and TAYLOR E. : \* *Some protozoa found in certain South African soils.* — Bull. Inst. Past. 1923 t. 21 ; p. 721.
21. GALADJIEV M. : \* *Quinze ans de culture de l'infusoire « Paramecium caudatum » sans conjugaison.* — Bull. Inst. Past. 1925 ; t. 23 ; p. 972.
22. GODET P. : *Les Protozoaires neuchâtelais.* — Bull. Soc. neuchâteloise des sc. nat. 1899-1900 ; t. 28 ; p. 61-79.
23. KAHL A. : *Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeressteile. 18. Teil. Urtiere oder Protozoa. I. Wimpertiere oder Ciliata. 1. Allgemeiner Teil und Prostomata.* 1930, Jena.
24. KILLIAN Ch. et FEHER D. : *Recherches sur les phénomènes microbiologiques dans les sols sahariens.* — Ann. Inst. Past. 1935 : t. 55 ; p. 582.
25. KOFFMANN M. : *Beiträge zur Kenntnis der Bodenprotozoen.* — Acta Zoologica. Internationell Tidskrift för Zoologi, Stockholm. 1926 ; Bd. 7 ; p. 277.
26. MERMOD G. : *Recherches sur la faune infusorienne des tourbières et des eaux voisines de Ste-Croix (J.-B.)* — Revue suisse de zool. 1914 ; t. 22 ; p. 31.
27. NICOLE A. : *Contribution à l'étude des protozoaires à la montagne.* — Revue suisse de zool. 1927. vol. 34 ; No 3 ; p. 69-117.
28. NOVIKOFF M. : \* *Die Bodenprotozoen und ihre Bedeutung für die Bodenkultur.* — Rev. internat. de Renseignements agric. 1925 ; vol. 3 : No 1 ; p. 161.
29. CEHLER R. : *Amöbenzucht auf reinem Boden.* — Arch. f. Protistenkunde. 1917 ; t. 31 ; pp. 175-190.
30. ROUX R. : *Observations sur quelques infusoires ciliés des environs de Genève.* — Diss. 1899, Genève.
31. SHERMAN J. M. : \* *Studies on soil protozoa and their relation to the bacterial flora.* — Bull. Inst. Past. 1917 ; t. 15 ; p. 746.
32. THOMSON D. and THOMSON J. G. : \* *Protozoological researches including investigations on the sand in Egypt, undertaken to elucidate the mode of spread of amoebic dysentery and the flagellate diarrhoeas : with conclusions regarding the sanitary measures necessary to prevent these diseases.* — Bull. Inst. Past. 1917 ; t. 15 ; p. 337.

33. VARGA L. : *Etudes sur la faune des protozoaires de quelques sols du Sahara et des hauts plateaux algériens*. — Ann. Inst. Past. 1936 ; t. 56 ; p. 126.
34. WENYON C. M. : *Protozoology, a manual for medical men, veterinarians and zoologists*. 1926, London.
35. YAKIMOFF W. L. et ZEREN S. : *Contribution à l'étude des protozoaires dans des sols de Russie*. — Centralb. f. Bakt. 1925 ; Bd. 63 ; p. 33.
36. YOCOM H. B. : \* *The effect of the quantity of culture medium on the division rate of « Oxytricha »*. — Bull. Inst. Past. 1929 ; t. 27 ; p. 731.

c. Nématodes

37. BAEBLER E. : *Die wirbellose terrestrische Fauna der nivalen Region*. — Rev. suisse de zool. 1910 ; t. 18. (Diss., Genève.)
38. BURKHALTER M. : *Die Verbreitung der freilebenden Erdnematoden in verschiedenen Geländearten im Massif der Rochers de Naye (2045 m.)* — Diss. Lausanne 1928.
39. DIEM K. : *Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen*. — Diss. Zurich 1903.
40. MAN DE, J. G. : *Nouvelles recherches sur les nématodes libres terricoles dans la Hollande*. — Capita Zoologica 1921 ; Deel 1, Aflevering 1. 's Gravenhage.
41. MENZEL R. : *Ueber die mikroskopische Landfauna der Schweiz. Hochalpen (mit spezieller Berücksichtigung des Rhätikon)*. — Arch. f. Naturgesch. 1914 Abt. A. ; Heft 3 ; pp. 1-98.
42. MENZEL R. : *Ueber die Nahrung der freilebenden Nematoden u. die Art ihrer Aufnahme*. — Verh. der naturforsch. Gesellschaft in Basel 1919-20 ; Bd. 31 ; pp. 153-187.
43. MICOLETZKY H. : *Die freilebenden Erd-Nematoden*. — Arch. f. Naturgesch. 1921 ; Abt. A. ; Heft 8.
44. SEIDENSCHWARZ E. : *Jahrescyclus freilebender Erdnematoden einer Tiroler Alpenwiese*. — Arbeiten aus dem zoolog. Institut der Universität Innsbruck. 1923 Bd. 1 ; Heft 3.

Les astérisques indiquent que les articles ont été consultés dans des résumés.

**T A B L E A U   G É N É R A L**  
**D E S   O B S E R V A T I O N S   D A N S   L A   F O R Ê T   D ' A L E T S C H**  
**E T   S E S   E N V I R O N S**

---

*F* = Flagellés

*C* = Ciliés

*A* = Amibes

Les chiffres indiquent la quantité de protozoaires d'après l'échelle  
du tableau I

*P* = protozoaires en été

*N* = nématodes en été

*p* = protozoaires en automne

*n* = nématodes en automne

Les chiffres placés sous *N* et *n*, indiquent le nombre total des nématodes  
trouvés dans 20 préparations provenant d'un seul morceau de terre.

# DIVISION I

No	Endroit de la prise	P			p			Observat.	N		n		Observat.		
		Conditions du sol	F	C A	Conditions du sol	F	C A		Tot.	Genre	Tot.	Genre			
1	300 m. au nord-est de Silbersand sur une petite moraine, près d'un mélèze.	Caverne couverte de mousses ; sablonneux. 16 deg. sec.	1	1	1	id. 3 dg.		2	2	3	17	Dorylaimus Tripyla Trilobidae ?	5		Rotat. Oligoch.
2	id.	à 3 m. d'un mélèze 12 deg. sablonneux									7	Monohystera Plectus			Tirogl. Algues
3	Sur la ligne droite du 1, à la crête, à 30 m. de la lisière de la forêt.	Beaucoup d'herbes 12 deg. sec.	0	0	0	id. 3 dg. assez humide		3	1	3	24		6	Dorylaimus Plectus	Vortic. Oligoch.
4	Au milieu de la div. I, sous un grand mélèze dans une excavation.	Couche mince de mousse. Jamais de soleil. 9 deg. humide	2	0	2	id. sec		0	0	0		Pas de bact. mobiles Hyphom.			
5	A proximité au nord-est du 4, au pied d'une pente nue.	Entre des taches de neige ; Juniperus, Vaccin. 6 dg. assez humide	6	4	4	3 dg. assez humide		3	4	4	12	Alaimus Tripyla Monohystera Plectus	13	Tripyla Cephalobus	Oligoch. Acarien.
6	Dans la partie nord-est de la div. I, sur l'arête d'une petite moraine.	Sous une pierre Sablonneux. 17 deg. sec.	3	3	2	id. 5 dg.		5	3	2		Hyphom.			
7	Sur la ligne droite du 6 à l'arête, près d'une arole presque nue.	Couche épaisse de mousses. Sans soleil 5 deg. humide	2	0	5	id. 7 dg. très humide		3	2	0	6	Monohystera Plectus	9	Alaimus Monohystera Mononchus	Tirogl.
8	Près de la limite nord-est de la forêt, dans la zone basse.	Neige fondante, près d'une flaque d'eau. 14 deg. Eau	0	0	0	Flaque desséchée 5 dg. assez humide		2	0	0		Hyphom.			

9	id.	Terre à 15 cm. de profondeur de la flaque. Débris végétaux. 14 deg. Trempe	0 0 0	Desséchée, voir 8					
10	Limite nord-est de la réserve au pied de la paroi du rocher.	Plate-forme couverte d'herbes et Vaccinium. 9 deg. peu humide	4 3 5	id. 9 dg. sec	2 2 0	Diatom.	12 Monohystera Cephalobus ?	1 (mort)	Oligoch.
11	Sur la ligne droite du 8, à l'arête; arole desséchée mais sur pied.	Excavation couverte de mousses. 15 deg. sec.	3 2 0	id. 6 dg., tr. hum.	1 2 0	Diatom.	11 Monohystera Plectus	9	Rotat. Oscill.
12	Sur la ligne droite du 4, à l'arête, à mi-hauteur de la forêt.	Sans arbres sur un rayon de 20 m. Vaccin. Rhododend. 12 dg. peu humide	3 3 4	id. 3 dg., tr. hum.	3 3 3	Oscill.	14 Monohystera Plectus	12 Alaimus Dorylaimus	Oligoch. Tirogl.
13	A 100 m. au sud-ouest du 12. Pente couverte de Pinus, Larix, Salix et Vaccinium.	Tronc d'arbre cassé à 1 m. 20 du sol. Vaccin. 17 dg. peu humide	0 1 0	id. 11 dg. peu humide	0 0 0				
14	Au milieu de la div. 1, à 20 cm. d'un ruisseau.	Petite végétation 13 dg. très humide	4 2 5	id. 6 dg. Trempe	0 0 0	Diatom. Rotat.	13 Alaimus Monohystera Tripyla	5 Monohystera	Oligoch.
15	A 200 m. de la limite ouest de la forêt sur la ligne du milieu.	Entre deux écoulements. Terre noire 9 dg. Trempe	0 0 3	id. 7 dg. —	4 2 4	Beaucoup de bact. mobiles Rotat.	8 Monohystera Rhabditis ?	20 Trilobidae ? Bunonema	Oligoch. Larve Dipt. Acarien
16	Près du 15	Terrain marécageux 14 dg. très humide					12 Monohystera Trilobidae ?		Oligoch. Diatom.
17	Sur la ligne Silber-sand-arête, au bord de la plus grande flaque d'eau de la forêt.	A 1 m. de l'eau; forte végétation. 9 dg. très humide	4 1 5	Flaque desséchée 8 dg. —	2 1 3	Blastom. Diatom.	21 Monohystera	15 Bunonema Tylenchorhynchus	Oligoch.
18	Bord nord de la flaque du 17.	A 3 cm. sous l'eau 13 dg.	2 0 0	Flaque desséchée Très humide	0 0 3	Bactéries très mob.			

## DIVISION II

N <sup>o</sup>	Endroit de la prise	P			p			Observat.	N		n		Observat.
		Conditions du sol	F	C A	Conditions du sol	F	C A		Tot.	Genre	Tot.	Genre	
19	Croisement des lignes de démarcation des div. I, II, III, près du chemin.	A 1 m. d'une four- mière. 10 dg. peu humide	4	1 0	id. 13 dg., humide		4 3 2	Diatom. Rotat.	23	Alaimus Cephalobus	12		Oligoch.
20	id. 4 m. plus bas.	Sol probablement souvent couvert d'eau. 11 dg. très humide	6	0 3	id. 14 dg. humide		3 3 5	Hyphom. Diatom.	20	Mononchus Tylenchus	12		Oligoch.
21	A 100 m. est du 20, petit ruisseau.	Peu de végétation racines mortes et couvertes d'eau. 12 dg. trempé	0	0 0	id. 15 dg., humide		0 0 0	Bactéries très longues					
22	20 m. sud-est de la bifurcation du che- min de l'arête et ce- lui de la moraine.	Neige fondante ; premier Crocus. 5 dg. très humide	2	2 2	id. — très humide		1 0 0	Hyphom.					
23	Sur l'arête de la li- gne Lac Bleu-glacier.	Au bord d'une ta- che de neige. 9 dg. très humide			4 dg., Eau		0 0 5	Hyphom. Diatom.	25	Monohystera Dorylaimus Tylenchorhynchus	17	Cephalobus ?	Oligoch.
24	A 100 m. nord-est du 23. Racines d'arole dégarnies.	Terre grise, sablon- neuse 9 dg. humide			id.		3 1 0	Rotat.	6		6	Rhabditis ?	Acarien
25	A la limite nord-est de la forêt, à 3 m. du chemin près de l'af- fiche.	Forte végétation. 11 dg. assez humide	0	2 4	id.		3 2 2	Diatom.	23	Alaimus Plectus Dorylaimus	20	Dorylaimus	Oligoch.
26	Sur la Moosfluh, près du signal situé le plus haut.	A proximité immé- diatement de l'eau 15 dg. très hum.	1	0 0	id. 1 dg. gelé.		2 3 4						
27	Au point le plus haut de la réserve, près de l'affiche.	A côté de mat. fé- cales de bovidés. Li- chens et Vaccinium.	3	2 3	id. 4 dg. assez humide		1 1 3		8	Tylenchus			



28 350 m. au nord-est du 27, en-dessus du chemin.	Crevasse large de 20 cm. Lichen, Primula. Vaccinium. 12 dg. humide	1 0 3 id. 5 dg. couvert de glace	0 0 0	0 —	5 Rhabditis	Acarien
29 Au nord-est du 28 ; petit plateau rocheux portant 2 petites aroles.	Epaisse couche de mousses entre les racines d'une arole. 13 dg. peu humide	4 4 0 id. 6 dg. —	0 3 2 Blastom.	33 Alaimus Dorylaimus Tylenchorhynchus Bunonema	4 Alaimus	
30 A 1 km. environ de la limite nord-est, 10 m. en-dessous du chemin.	Lit du ruisseau desséché, couvert d'herbes. 12 dg. très humide	3 0 3 id. 11 dg., tr. hum.	3 1 0 Oscill.	29 Monohystera	16 Monohystera Dorylaimus	Oligoch.
31 200 m. au nord-ouest du 30, zone sans arbres, sauf 2 grandes aroles.	Entre 2 aroles; Vaccin. Graminées 8 dg. humide	4 0 4 id. 5 dg. humide	3 2 2 Oscill.	35 Alaimus Tripyla Dorylaimus Bunonema	11	Tirogl.
32 Dans le cours le plus profond de la zone découverte, en-dessous du chemin moyen.	Végétation très variée. 12 dg. trempé	5 2 3 id. 5 dg. trempé	3 2 2 Blastom. Rotat. Diatom.	50 Tylenchorhynchus	16 Plectus	Oligoch. Lumbric. Acarien
33 Limite nord de la div. II, à mi-hauteur de la forêt.	Forte végétation assez humide		3 4 4			
34 Sur la même terrasse que 33, en allant au sud-ouest après la traversée du sentier.	Sous une jeune arole, tourbeux ; Vaccinium humide		2 2 1 Oscill.		9 —	Larve dipt.
35 A 100 m. de la Riederfurka sur le chemin supérieur ; petit plateau.	Petite végétation ; sablonneux. 8 dg. assez humide		2 0 2 Oscill.			
36 En tirant à gauche du 35, à 100 m. de la ligne la plus haute.	Petite crevasse couverte de lichens, sous un sapin. 6 dg. très humide		5 1 0 Oscill.		18 Alaimus Monohystera Dorylaimus	

No	Endroit de la prise	P		P		Observat.	N		n		Observat.
		Conditions du sol	F C A	Conditions du sol	F C A		Tot.	Genre	Tot.	Genre	
37	Près de l'affiche placée sur la crête sous un groupe d'aroles.	A même le rocher, sans végétation ; sablonneux. 8 dg. sec.			4 2 4	Oscill.					
38	Encore sur la pente vers le glacier, au point le plus bas d'un petit col ; sur le chemin.	Sous des excréments frais de bovidés. 7 dg. assez humide			4 2 3	Oscill.			12	Alaimus Trilob ? Tylenchorhynchus Dorylaimus Bunonema	
39	Sur une petite terrasse en-dessous de la crête, où l'on aperçoit le glacier.	Rocheux ; Vaccinium et Rhododendron. 9 dg. très humide			0 1 0	Oscill.					
40	Sur la crête à 250 m. à l'ouest du signal ; flaque d'eau.	Terre détrempée. 6 dg.			3 2 2				6	Monohystera	
41	En-dessous de l'affiche placée près du signal, au bord extrême de la pente.	Humus noir, couvert de mousses et de lichens. 8 dg. assez humide			0 1 0				6	Bunonema Dorylaimus Cephalobus ?	
42	A 200 m. au nord-est du signal, au bord de la terrasse supérieure.	Couche épaisse de lichens gris et verts. 11 dg. humide			0 2 0				7	Monochystera Bunonema Cephalobus ?	Oligoch.
43	100 m. en-dessous de l'affiche placée sur la crête, à la bifurcation des chemins.	Humus noir, forte végétation. Vaccinium. 7 dg. très humide			3 2 4	Diatom.			6	Monohystera Mononchus	
44	A la même hauteur que 43 à 200 m. au nord-est se trouve sur un rocher une petite arole solitaire.	Près du tronc ; lichens verts. assez humide			5 1 4	Blastom.					

45 En descendant directement du 44 vers le glacier, sur la moraine supérieure, où se trouvent des aroles en ligne.	A 2 m. d'une arole, sous un <i>Juniperus</i> . 8 dg. humide	2 4 5	Oscill.		
46 En-dessous du 42, à la mi-hauteur de la division II.	A l'intérieur d'un tronc d'arbre cassé et en décomposition, haut d'un m. sit., haut d'1 m. 30 10 dg. peu humide	0 2 1	Blastom. Algues		
47 A 300 m. au sud-ouest du 45 où se trouve un gros buisson d' <i>Alnus</i> .	Sous les buissons; humus sans végétation. 6 dg. très humide	0 3 0	Rotat. Oscill.	8 <i>Bunonema</i> <i>Cephalobus</i> ?	Oligoch. Lumbric.
48 A 150 m. au sud-ouest du 47, sous un rocher sur lequel se trouve un groupe d'aroles.	Humus noir; mousses <i>Viola</i> . trempé	4 1 0			
49 A 300 m. au sud-ouest du 48, où se trouve un buisson d' <i>Alnus</i> sur un petit plateau.	Dans un trou souvent plein d'eau 6 dg. très humide	0 0 0	Diatom.	27 <i>Monohystera</i> <i>Cephalobus</i> ? <i>Dorylaimus</i>	Oligoch.
50 En descendant en ligne droite du 49, à 30 m. en-dessus du chemin supérieur.	Couche mince d'humus couverte de mousses et de lichens. humide	0 0 0			
51 Au sud-ouest du 50, une petite crête sur laquelle se trouvent quelques aroles.	Au pied d'une arole; humus couvert de succulentes. 10 dg. humide	0 1 0	Diatom.	7 —	
52 En descendant du 51 vers le nord-ouest où se trouve un grand bloc de rocher.	A 3 m. du rocher dans le fossé couvert de graminées et de <i>Vaccin</i> . 8 dg. humide	2 1 3	Oscill. Diatom.	6 <i>Bunonema</i>	Oligoch.

No	Endroit de la prise	P	F C A	p	F C A	Observat.	N	Genre	n	Genre	Observat.
		Conditions du sol		Conditions du sol			Tot.		Tot.		
53	En montant la pente vers le sud-ouest où se trouve une arole sur le rocher.	Entre les racines de l'arole ; humus mélangé de sable. 10 dg. humide			4 3 3				11	Bunonema	Acarien

### DIVISION III

54	A 50 m. sud-ouest du 17, 25 m. plus haut dans un fossé. Flaque d'eau contenant un tronc.	Prise du bord tout chant l'eau ; boue noire. 8 dg. trempé	0 0 0	id. 8 dg. trempé		Diatom.	9	Monohystera Plectus	2	—	
55	80 m. au nord-est du commencement du chemin en zigzag descendant à Silbersand.	Surface d'une fourmière. 13 dg. sec.	1 3 0	id. — sec.	0 2 5	Hyphom.					
56	A la hauteur du 55, à 10 m. du même chemin.	Tronc d'arbre cassé mais sur pied, sur lequel poussent: Vaccin., Juniperus etc. 14 dg. peu humide	3 4 0	id. 7 dg., humide	0 2 0	Blastom. Hyphom.	0	—	3	—	
57	Chemin du milieu coupé par le lit desséché d'un ruisseau ; très rocailleux.	Graminées desséchées, Rhododendron, Vaccin. 9 dg. sec.	6 2 4	id. 7 dg. —	0 3 2	Blastom. Hyphom.	30	Dorylaimus	0	—	Oligoch. Tirogl.
58	Posit. 57	id.					24	Monohystera Tylenchus Plectus			Oligoch. Diatom.
59	A la fin du chemin en zigzag descendant de la Riederfurka, sur un petit plateau.	Terre argileuse, peu de végétation. 13 dg. assez humide	2 3 1	id. 15 dg. humide	3 1 0	Oscill.	21	Alaimus Tripyla Bunonema Mononchus	13	Monohystera Bunonema	Diatom.

60 A 300 m. de la Riederfurka, après le premier contour du chemin de la moraine.	Fond rocheux, légère couche de mousses ; Rhododendron. 19 dg. assez humide	3 4 2 id. 11 dg.	1 3 0	Oscill.	5	12 Alaimus Bunonema Dorylaimus	Acarien Tirogl.
61 Chemin de la moraine au contour où l'on voit le glacier pour la première fois. Dans une crevasse en-dessous du chemin.	Forte couche d'aiguilles sèches ; mousses, Oxalis. assez humide	4 2 0 id. 10 dg. assez humide	1 0 0	Oscill. Diatom.	51 Tripyla Monohystera	14 Monohystera	Oligoch.
62 Dans la même crevasse que 61.	Humus noir couvert de mousses et de lichens. 9 dg. humide	4 0 0 id. 9 dg., humide	3 0 2	Blastom. Hyphom.			
63 Dans la partie nord-est de la div. III, en-dessous du chemin, dans un fossé.	Sous une pierre où se trouvent beaucoup de racines vivantes. 17 dg. humide	0 0 3 id. 11 dg. humide	1 3 2	Hyphom. Diatom.	18 Alaimus	8	Lumbric. Oligoch.
64 Partie nord-est de la div. III, petit cours d'eau qui coupe en descendant le chemin.	Tronc d'arbre en décomposition, couvert de graminées 12 dg. humide	3 2 0					
65 Partie est de la div. III, 4 m. au-dessus d'un cours d'eau, sous des racines d'arole.	Couche de mousse, sans soleil. 9 dg. sec	1 0 1 id. 10 dg. très humide	0 3 0	Diatom.	0 —	6 Monohystera Trilobidae ?	Insecte.
66 A 200 m. de la limite de la div. III, où une grande arôle se trouve sur le bord d'un plateau	7 m. au-dessus de l'arole. Alnus, Viola. 10 dg. assez humide	3 2 0 id. 10 dg.	0 4 4	Blastom. Algues	19 Monochystera	16 Alaimus Trilobidae ?	Diatom.
67 Entre le chemin inférieur et le chemin moyen à l'endroit où ce dernier tourne vers le glacier.	Sur une branche d'une arôle. Lichens	— sec.	0 0 0	Hyphom. Algues		17 Trilobidae ? Cephalobus	Prise sous l'arbre !

No	Endroit de la prise	P			Observat.	N		n		Observat.
		Conditions du sol	F C A	Conditions du sol		Tot.	Genre	Tot.	Genre	
68	En ligne droite au-dessus de 83, près des racines d'un mélèze.	Humus mélangé de sable couvert de mousses et graminées.		10 dg. assez humide	0 0 0			16	Trilobidae ? Bunonema Mononchus Dorylaimus	Acarien Lumbric. Oligoch.

#### DIVISION IV

69	Au milieu de la div. IV, 50 m. à distance du rocher formant la lisière de la forêt.	Tronc d'arbre en décomposition, couvert de mousses et de Rhododend. 17 dg. peu humide	0 0 0	id. 14 dg. —	0 0 0	Oscill.	2 —	6 —		Oligoch.
70	Posit. 69. 8 m. au sud.	Couche végétale sur une grosse racine de mélèze 19 dg. peu humide	3 0 0	id. 9 dg. humide	1 3 4	Oscill. Diatom.	10 —	6	Alaimus Dorylaimus Cephalobus ?	Oligoch.
71	300 m. au-dessus du 69, dans un fossé à 100 m. de la lisière.	Vaccinium ; prise sous un Veratrum.					10 —			Oligoch. Rotat.
72	A 200 m. du 70 au nord-est, dans le second fossé depuis la lisière de la forêt.	Complètement couvert de Vaccinium myrtillus 15 dg. humide	1 1 0	id. 10 dg. humide	1 3 0	Hyphom.				
73	400 m. au sud-ouest du Silbersand, à la lisière de la forêt. Pierre creuse contenant de l'eau.	Terre boueuse 25 dg.	0 2 0	id.	3 0 0					
74	Au Silbersand, à gauche du chemin en descendant.	Sous un Salix où se trouvent des succulentes. 25 dg. sec	3 1 0	id. 11 dg. sec.	1 3 0					

75	A petite distance au nord-est du chemin descendant en zigzag à Silbersand.	Epaisse couche de mousses sur le rocher au bord du marécage. 16 dg. très hum.	0 0 0	id. 11 dg. très humide	0 0 0	Diatom.	7	Cephalobus	12	Monohystera Mononchus Rhabditis	Oligoch.
76	250 m. au sud-ouest du 75, 30 m. au-dessus du chemin. Flaque desséchée.	Masse noire et boueuse. trempé	1 2 3	id. — très humide	1 0 1	Oscill.					
77	200 m. au sud-ouest du 76, au-dessus du chemin où se trouve sur des rocailles un groupe d'aroles.	Humus couvert de quelques Oxalis 12 dg. humide	4 3 4	id. 9 dg. humide	4 1 2						
78	Encore 200 m. au sud-ouest, à 20 m. du chemin inférieur.	Graminées, Rhododendr. Vaccinium. A 2 m. d'une arole. 12 dg. humide	3 3 0	id. 9 dg. humide	3 3 0		5	Dorylaimus Cephalobus	11	Plectus Trilobidae ?	Acarien Oligoch.
79	Limite sud-ouest de la réserve, en-dessous de l'affiche.	Petit pré ; Ranunculus, Cnicus benedictus. 14 dg. assez humide	2 2 3	id. 14 dg. assez humide	1 4 0	Diatom. Rotat.			17	Tripyla Aphanolaimus Dorylaimus	Acarien
80	Position 79.	Alchemilla, Ranunculus. 14 dg. humide	1 3 5	id. 14 dg. —	1 3 3	Diatom. Rotat.	10	Monohystera	15	Dorylaimus	Lumbric. Oligoch.
81	Sur le petit chemin qui quitte en-dessous de la Riederfurka le chemin moyen. Près de l'affiche.	Au milieu du chemin herbeux 20 dg. humide	0 1 0	id. 9 dg. humide	1 2 1	Oscill.	9	—	4	Trilobidae ?	Algues Rotat.
82	Posit. 81 peu en-dessous, sur la pente.	Rhododendron et Vaccinium. 13 dg. très humide	3 3 3	id. 10 dg. humide	3 0 3	Hyphom. Diatom. Rotat.	11	Monohystera Cephalobus Dorylaimus	13	Monohystera Aphanolaimus Bunonema	Lumbric. Oligoch.
83	Au milieu de la div. IV, à 8 m. du chemin moyen ; tache de neige.	Herbes abattues par la neige et en décomposition 8 dg. très humide	0 1 4	9 dg. très humide	2 3 2	Oscill. Diatom.	18	Plectus Cephalobus Dorylaimus	12	Trilobidae ? Mononchus	Oligoch.

No	Endroit de la prise	P Conditions du sol	F C A	p Conditions du sol	F C A	Observat.	N Tot.	Genre	n Tot.	Genre	Observat.
84	A 100 m. sud-ouest de ; rocher couvert de mousses.	Couche d'humus de 2 à 4 mm. Petites mousses. 14 dg. humide	0 1 0	id. 11 dg. très humide	5 4 5	Oscill.					
85	50 m. au sud-ouest de 84. Fossé couvert de neige.	20 cm. sous la neige ; petites pousses de couleur vert-clair 1 dg. très humide	2 5 5	11 dg. humide	1 2 2	Diatom.	33	Plectus Cephalobus	19	Dorylaimus Mononchus	Oligoch.

## DIVISION V

86	20 m. en-dessous de la maisonnette derrière la villa Cassel, au pied d'un rocher.	Graminées ; excréments humains. Prise à côté et sous ces excréments 15 dg. sec	6 3 2	id. — humide	4 0 2	Blastom.					
87	Sur la ligne droite du 86 à la Massa, à 300 m. de la dite maisonnette.	Petit plateau couvert de mousses et de lichens. 12 dg. sec	1 1 1	id. 9 dg. —	1 2 1						
88	Sur la même ligne que 87, mais plus bas. Entre une arôle et un mélèze.	Couche de mousses sur un roc d'où tombe de l'eau 6 dg. trempé	4 1 0	id. 5 dg. trempé	5 1 4	Diatom.					
89	Position 88, à 4 m. de la source.	Tronc d'arbre en décomposit., couvert de lichens 12 dg. humide	0 0 0	id. 7 dg. —	4 4 3	Blastom. Diatom.	27	Monohystera Cephalobus	11	Monohystera Dorylaimus	Oligoch.
90	Encore plus bas sur la ligne du 87. Dans un fossé derrière le rocher montant de la moraine.	Graminée, Ranunculus, Alchemilla. 16 dg. humide	5 3 1	id. 10 dg.	3 1 4						



91 Au-dessus de la fin du glacier, sur les éboulis.	D'un sol couvert 3 1 5 d'aiguilles de mélèzes. 16 dg. sec.	Diatom.
92 Sur la moraine au-dessus du glacier abrupt, près de la Massa.	Sable sans végétation exposée au soleil. 22 dg. sec.	

## DIVISION VII

93	Au bord d'une mare en-dessous du Lac Bleu.	Prise dans les racines d'herbes baignées par l'eau. 23 dg. trempé	4 0 0			Diatom. Rotat.	21 Mononchus Dorylaimus		Lumbric.
94	250 m. à l'ouest du Bettmersee.	Marécageux; Cypéracées, Caltha palustris. 22 dg. trempé	5 3 2	id. 5 dg. trempé	3 3 4	Diatom.	3 Mononchus	8 Alaimus Monohystera	Tirogl. Lumbric.
95	Bord ouest du Bettmersee, à 20 m. de l'embouchure (à gauche).	Prise des mottes baignées par l'eau. 16 dg. humide	0 0 0	id. 12 dg. très humide		Nématodes			
96	10 m. au-dessus du 95. Pente exposée est.	Pâturage. Gentiana, Plantago. 17 dg. sec.	2 0 4	id. — humide.	2 1 1	Diatom. Nématodes			
97	A mi-hauteur sur la ligne droite du 94, à la Moosfluh.	Couche de terre végétale sur un bloc de rocher. sec	5 1 2	id. — humide	2 3 3	Oscill. Blastom.			
98	En-dessous de la Moosfluh, au pied de la paroi perpendic.	Racines en décomposition. sec	3 3 0	id. — humide	0 0 2	Blastom. Algues			
99	Derrière la chapelle de Riederalp où se trouve dans une flaque d'eau la décharge	Eau sale, verte, contenant beaucoup d'animaux. 25 dg. Eau	6 4 5	id. 13 dg.	4 0 0				

No	Endroit de la prise	P			p	P			Observat.	N		n		Observat.
		Conditions du sol	F	C A		Conditions du sol	F	C A		Tot.	Genre	Tot.	Genre	
100	Dans le pré derrière la dite chapelle, à 1 m. d'un ruisseau.	Graminées 17 dg. humide	4	3 1	id. — humide		3	5 3	Diatom. Oscill.	37	Bunonema Mononchus	9	Alaimus Aphanolaimus Cephalobus	Lumbric. Acarien
101	Chalet derrière l'hôtel Riederalp, 30 m. au-dessus de celui-ci.	Devant l'escalier d'entrée. Petites touffes d'herbes 7 dg. humide	4	4 3	id. 7 dg. humide		4	0 0	Oscill.					
102	Au-dessus de ce chalet, à mi-hauteur du pâturage.	Pâturage. Geum.			12 dg. humide		3	4 0		14	Alaimus Monohystera	13	Alaimus Aphanolaimus Dorylaimus	Oligoch.
103	Montée de la Riederalp, à l'endroit dit « Salz », 20 m. en-dessous de l'arête.	Beaucoup d'herbes à 3 m. d'une flaque d'eau. 12 dg. assez humide	1	3 3	id. 7 dg. très humide		0	4 0	Diatom.	25	Monohystera Rhabditis ? Bunonema	13	Alaimus Monohystera Cephalobus	Coleopt.
104	Au bord de la flaque du 103.	A la surface des mottes. 12 dg. très humide	3	1 2	id. 4 dg. très humide		0	4 0	Oscill. Diatom.	12	—			Oligoch.
105	Bord nord-est du Lac Bleu.	12 dg. Eau	0	0 0	11 dg.		0	0 0	Beaucoup de bact.					
106	Position 105.	Terre baignée par l'eau. 12 dg. trempé	4	5 5	id. 11 dg. trempé.		3	0 0						
107	Réservoir d'eau en bois, derrière l'hôtel Riederalp.	Eau potable					0	0 0						
108	Jardin potager de l'hôtel Riederalp.	Carré de salade			assez humide		4	2 2						
109	Position 108.	Carré de carottes			assez humide		4	2 2						
110	Bettmersee	Eau prise au bord du lac.			8 dg.		0	0 0						

# DIVISION EGGISHORN (E)

111	Chemin Hôtel Jung- frau-Eggishorn à l'al- titude de 2600 m.	Dans le pâturage à 1 0 2 3 m. du chemin. 10 dg. humide			
112	Même chemin, au pied de la paroi rocheuse.	Sur le chemin sa- 4 0 0 blonneux. 17 dg. humide.	Diatom.	26 Monohystera Dorylaimus Tylenchus	Oligoch.
113	Même chemin, à la montée très raide. Crevasse 5 m. au-des- sus du chemin.	Couche sablonneu- 0 1 0 se couverte de mousses. 17 dg. humide			
114	Sur le sommet de l'Eggishorn (2934 m.)	Dans une trace hu- 4 0 0 maine à côté de la neige fondante. 16 dg. très humide			
115	30 m. au nord-est du sommet de l'E., 12 m. plus bas que celui-ci.	Petite couche de 1 2 2 mousses sur fond rocheux et sablon- neux. 20 dg. humide		58 Tripyla Monohystera Dorylaimus Bunonema	Oligoch.
116	Märjelensee ; dans le marécage à l'est de celui-ci.	Eau couverte d'une 0 0 0 couche rougeâtre. 10 dg.	Algues		
117	Position 116.	Eau de la surface 0 0 0 à 10 cm. de la glace 10 dg.			
118	Position 116. Bord est du lac.	A 20 cm. du bord, 0 0 0 3 à 4 cm. de la surface de l'eau			

# DIVISION BELALP (B)

No	Endroit de la prise	P			p			Observat.	N		n		Observat.
		Conditions du sol	F	C A	Conditions du sol	F	C A		Tot.	Genre	Tot.	Genre	
119	Belalp, 100 m. au nord-ouest de l'hôtel, 30 m. plus haut.	Pâturage	3	3 3				Diatom.	19	Plectus			Larve dipt.
120	Position 119, à 5 m. de distance sur un rocher.	Ericacées 21 dg.	3	3 3 sec.									
121	Chemin glacier-Belalp à mi-hauteur, devant une étable.	Humus mélangé de fumier. Graminées	2	5 3				Diatom.	22	---			Oligoch. Lumbric.
122	Sur le glacier, en passant de Belalp à la forêt d'Aletsch.	Terre noire très humide	0	0 0									

# DIVISION BETTMERHORN (T)

123	A 800 m. au nord-est du signal sur la Moosfluh.	Terre marécageuse, à 2 m. d'une mare	14 dg. assez humide	4	1	1	Diatom.				20	Alaimus Dorylaimus		
124	Sur le sommet du Bettmerhorn (2865 m.) sous un bloc de rocher.	Couche mince de sable et d'humus, couverte de mousses.	10 dg. assez humide	0	0	3	Hyphom.							
125	A 100 m. de la croix sur le Bettmerhorn.	Couche d'humus de 10 cm. couverte d'herbes, mousses et Vaccinium.	8 dg. assez humide	3	0	1	Rotat.				13	Alaimus Cephalobus Dorylaimus Monohystera		Acarien
126	50 m. en-dessous de la dite croix.	Couche mince d'humus. Mousses et succulentes.	— humide.	1	0	2								
127	Droit en-dessous de la croix, au pied de la paroi perpendic.	Pâturage de chèvres. Humus et sable.	15 dg. humide	3	3	2	Diatom.				17	Alaimus Aphanolaimus Monohystera Dorylaimus		Tirogl.